

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2014**

**Bc. Jaroslav Král**

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Řídicí systém vytápění rodinného domu založený na  
programovatelném automatu**

**Building Control System Based on Programmable  
Controller**

**2014**

**Bc. Jaroslav Král**



## **Poděkování**

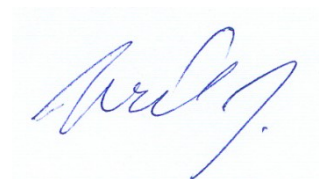
Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Jiřímu Koziorkovi, Ph.D. za pomoc a podporu při tvorbě diplomové práce.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Datum: 7. 5. 2014

Podpis

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Koziorko', is written on a light blue rectangular background.

## Abstrakt

Cílem diplomové práce je seznámení se problematikou řídicích systémů rodinných domů, návrh a implementace autonomního řídicího systému pro regulaci ohřevu TUV a vytápění domu ze zplynovacího kotle při efektivním zálohování a zpětném využívání tepelné energie v akumulčních zásobnících. Součástí systému je také ostrovní systém, napájený ze solárních panelů, získaná energie je zálohována do akumulátorů, další funkce systému je sběr dat o stavu vodních zdrojů a dalších důležitých veličin pro provoz rodinného domu. Dalším bodem diplomové práce je návrh a implementace grafické uživatelské aplikace, pomocí které bude možné monitorovat výstupní a nastavovat vstupní parametry uživatelem.

Řídicí systém je založen na průmyslovém logickém automatu od výrobce SIEMENS SIMATIC S7. Pro sběr dat ze vzdálených míst jsou použity periferie od výrobce Wago, které komunikují s hlavním řídicím systémem komunikačním protokolem PROFIBUS. K vizualizaci celého ŘS je vyvinuta aplikace v prostředí Microsoft Visual Studio 2010, kód je psán jazykem Visual Basic. Pro smartphone a zařízení s operačním systémem Android je použito vývojové prostředí IWSvis\_mobile. Vizualizační aplikace je stále spuštěna na miniPC, které zajišťuje průběžné ukládání dat na externí HDD. MiniPC komunikuje s řídicím systémem prostřednictvím ethernet protokolu. Veškerá energetická náročnost celého systému bude v budoucnu pokryta z fotovoltaiických panelů s výkonem 1750W včetně záložního zdroje.

## Abstract

The aim of the thesis is to introduce the issue of family home control systems, design and implementation of autonomous control system for controlling the heating of domestic hot water and heating the house of gasification boiler with an effective backup and re- use of thermal energy storage tanks. The system is also an island system , powered by solar panels , the energy gained is backed up to a battery , the system functions is to collect data on the state of water resources and other important parameters for the operation of a family home. Point of the thesis is the design and implementation of graphical user applications by which it will be possible to monitor the output and input parameters set by the user.

The control system is based on the industrial logic machine manufacturer SIEMENS SIMATIC S7. To collect data from remote locations are used peripherals manufacturer Wago that communicate with the main control system communication protocol PROFIBUS. To visualize the entire control system application in Microsoft Visual Studio 2010, the code is written in Visual Basic. For a Smartphone devices running Android development environment is used IWSvis\_mobile. The visualization application is still running on miniPC that provides continuous data storage on an external HDD .MiniPCI communicates with the control system Ethernet protocol. All the energy demand of the whole system will in future be covered by photovoltaic panels with output of 1750W including UPS.

## Keywords

PLC, Machine, Siemens, miniPC, Pt100, Converter, Heatingcurve, Tray, TUV, Visualization, Sensor, Android, Management, Atmos

## Klíčová slova

PLC, Automat, Siemens, miniPC, Pt100, Převodník, Ekviterma, Zásobník, TUV, Vizualizace, Senzor, Android, Řízení, Atmos

## Seznam použitých názvů a zkratek

PLC	Programmable Logic Controller - Programovatelný logický řídicí automat
Wago	Prvky pro vzdálené rozšíření PLC o vstupy a výstupy (analogové, digitální)
VB	Software MS Visual Studio 2010 pro tvorbu programů a vizualizačních aplikací
STEP7	Programovací prostředí PLC výrobce Siemens
Profibus	Process Field Bus - Průmyslová sběrnice určena pro spojení vzdálených slave a PLC
WinCC 2010	Průmyslové programové prostředí pro tvorbu vizualizací Siemens
Simatic	PLC automat pro řízení různých digitálních či analogových aplikací a strojů
Vizualizace	Zobrazení stavů řídicího systému
AtmosDC22S	Kotel na tuhá paliva určen ke zplynování suchého dřeva k vytápění RD
AKUM	Akumulační nádoba (3000l) určena k akumulaci teplé topné vody k vytápění RD
TUV	Teplá užitková voda – zásobník 160l
Pt100	Platinový odporový senzor teploty
Senzor	Elektronické zařízení ke snímání poloh ventilů, teplot, tlaků a jiných různých fyzikálních veličin.
Převodník	Elektronické zařízení pro převod fyzikálních veličin na elektrické napětí či proud
Sick	Průmyslový výrobce snímačů fyzikálních veličin
CP	Komunikační procesory Siemens pro rozšíření stávajících aplikací
DB	Datové - paměťové místo programovatelných automatů Siemens
FC	Vlastní naprogramovaná funkce v PLC Siemens
OB35	Cyklicky spouštěný blok v PLC Siemens
FB	Programová oblast PLC pro cyklicky spouštěný program
PID	Blok proporcionálně integračně derivačního regulátoru
Soustava	Otopná soustava rodinného domu zahrnující topení radiatorové, podlahové a TUV
Ekviterma	Algoritmus výpočtu ekvitermní čili otopné křivky pro danou soustavu vypočítané z venkovní teploty, teplotního spádu, typu topné soustavy, vratné vody a ze vstupní topné vody do soustavy.
RD	Rodinný dům
ŘS	Řídicí systém
OS Windows	Operační systém společnosti Microsoft Windows WinXP, Win7
TeamViewer	Freeware software pro vzdálenou správu PC (vizualizací RD)
Android	Operační systém mobilních telefonů, tabletu atd.
miniPC	Mikropočítač malých rozměrů v našem případě JetWay J7F2
SSR	Solid-state relay – polovodičové bezkontaktní spínací nebo rozpínací relé
RF	Radiová (bezdrátová) komunikace
PC	Personal computer - osobní počítač

## Obsah

1.	Úvod .....	9
2.	Rozbor stavu techniky v oblasti systémů pro řízení budov .....	10
2.1	Volba a výběr programovatelného automatu.....	11
2.2	Výběr vizualizační technologie pro ŘS .....	17
3.	Návrh koncepce řídicího systému pro zvolený objekt.....	23
3.1	Základní blokové schéma ŘS .....	24
3.2	Volba a výběr snímačů .....	25
3.2	Volba a výběr převodníků úrovní pro analogové vstupy PLC .....	30
3.3	Volba a výběr aktorů pro směšovací jednotky .....	30
4.	Výbava, testování a spuštění rozvaděče ŘS .....	32
4.1	Jednotlivé části hlavního ŘS rozvaděče a jejich popis .....	34
4.2	Rozdělení silových obvodů rozvaděče RM1_PLC ŘS .....	35
4.3	Složení PLC a popis rozšiřovacích modulů.....	36
4.4	Komunikační připojení Profibus .....	39
4.5	DP Slave, vzdálení klienti pro sběr dat .....	39
5.	Zapojení a popis rozvaděč RM2_DP10.....	41
5.1	Parametry DP slave modulů .....	42
5.2	Napájení a jištění rozvaděče WAGO RM2_DP10 slave .....	44
6.	Konfigurace a rozvod sítí Profibus a Ethernet.....	45
6.1	Algoritmy a podmínky řízení .....	47
6.2	Algoritmus chodu TUV .....	48
6.3	Algoritmus chodu okruhu radiátorového topení.....	50
6.3	Výpočet ekvitemní otopové křivky topení .....	53
6.4	Algoritmus chodu okruhu podlahového topení .....	54
6.4.1	Výpočet ekvitemní otopové křivky topení .....	56
6.5	Algoritmus chodu zplynovacího kotle Atmos .....	57
6.5.1	Podmínky chodu kotle ATMOS .....	59
6.6	Expanzní nádrž topného systému .....	60
6.7	Algoritmus chodu vodárny .....	63
7.	Vizualizace ŘS .....	65
7.1	Tvorba vizualizace .....	66
7.1.1	Popis oken vizualizace .....	67
7.1.2	Okno nastavení parametrů kotle ATMOS DC22 .....	68
7.1.3	Okno nastavení parametrů topného okruhu RADIATORY .....	69

7.1.4 Okno nastavení parametrů topného okruhu PODLAHOVKY .....	70
7.1.5 Okno nastavení parametrů EXPANZNÍ NÁDOBY .....	71
7.1.6 Okno nastavení parametrů zásobníku TUV.....	72
7.1.7 Okno nastavení času chodu topných okruhů .....	73
7.1.8 Okno nastavení parametrů VODÁRNY a SKLEPŮ .....	74
7.1.9 Okno KOMPLETNÍ VIZUALIZACE.....	74
8. Vývoj vizualizace v MS Visual Studiu 2010.....	75
8.1 Komunikace a spojení s PLC .....	76
8.2 Načtení dat z PLC.....	77
8.3 Zápis dat do PLC.....	79
8.4 Provoz vizualizace na PC platformě.....	80
8.5 Budoucí vývoj vizualizace a ŘS.....	80
9. Zhodnocení dosažených výsledků.....	81
10. Použitá literatura.....	83
11. Seznam příloh.....	84



## 1. Úvod

Diplomová práce je zaměřena na řešení autonomního řízení systému a pohodlného monitorování provozních veličin uživatelem s možností vzdáleného přístupu a přenastavení vstupních veličin přes internet. Řídicí systém reguluje vytápění rodinné domu, akumulaci energie, vyvážení ztrát k vynaložené energii na vytápění a ohřev TUV, dále řídicí systém sbírá data ze vzdálených periférií – solární panely, záložní zdroje energie, vodárna a sklepní prostory. Všechny potřebné vstupní a výstupní veličiny jsou zobrazovány v graficko-uživatelském rozhraní, které je spuštěno na miniPC, které komunikuje s řídicím systémem přes ethernet protokol. MiniPC zajišťuje možnost vzdáleného připojení přes internet a tím zajišťuje možnost regulace a monitorování veličin za podmínky, že v místě, odkud uživatel přistupuje k vizualizaci, je přístup k internetu. Poslední funkcí je ukládání dat a jejich dlouhodobá archivace na externí úložiště. Další výhody MiniPC vyplývají hned z několika faktorů jako je nízká pořizovací cena, nízké zástavbové rozměry, pasivní chlazení nebo rozšiřitelnost systému přes rozhraní USB.

Z hlediska obecného náhledu je komplexní systém poměrně složitý, proto je rozdělen na řídicí systém a monitorovací systém. Řídicí systém je realizován pomocí PLC a řeší kritické úlohy, jako například výpočet ekvitemního vytápění, a zároveň sbírá data z externích periférií. Tím je zajištěn realtime přístup. Firmware řídicího systému je vyvinutý v softwaru STEP 7. Monitorovací systém je realizován pomocí MiniPC a je přestupním blokem mezi řídicím systémem a uživatelem. Jeho první funkcí v komplexním systému je sběr dat z řídicího systému a úprava vstupních veličin regulačních cyklů v řídicím systému. Druhou funkcí je graficko-uživatelské rozhraní, které je vytvořeno s důrazem na intuitivní ovládání pro uživatele přistupujícího z PC, tabletu nebo chytrého telefonu. Obě tyto funkce zajišťuje firmware vyvinutý v prostředí MS Visual Studio, v programovacím jazyce Visual Basic. Poslední funkcí MiniPC je běhové prostředí pro software zajišťující vzdálený přístup - TeamViewer. Pomocí vzdáleného přístupu je možné upravovat jak firmware monitorovacího systému, tak firmware řídicího systému dle požadavků koncového uživatele nebo i při případných opravách. Takto rozdělený komplexní systém na řídicí a monitorovací část umožňuje autonomní a reálnový přístup k regulačním úlohám i v případě havárie monitorovacího systému.

## **2. Rozbor stavu techniky v oblasti systémů pro řízení budov**

Při rekonstrukcích rodinných domů či jiných objektů budou majitelé postaveni před celkem zásadní problém. Vyřešení plně automatického vytápění, klimatizace nebo i zabezpečení objektu a dálkového monitoringu. Většina majitelů se spokojí s jednoduchou a dostupnou výbavou mnoha výrobců otopných soustav a zabezpečení či dálkového dohledu. Už i do menších domácností se pomalu prodírají prvky malé domácí automatizace. Jednoduché prvky řízení spočívají z prvopočátku třeba nad vzdáleným ovládání topení pro zapnutí a vypnutí po GSM síti. Je mnoho ŘS, které tuto problematiku řeší. Jenže každý takový ŘS má svoje klady a zápory, které pak v závěru rozhodnou o instalaci řízení v RD. Velké řídicí systémy prozatím využívají velké RD a firmy, pro základní monitoring energetických poměrů.

Koncepce, na kterou je zaměřena tato diplomová práce směřuje k uživatelům menších a středně velkých RD. V současné době je na trhu mnoho řídicích systémů vhodných pro řízení velkých budov tomu také odpovídá cena kompletního vybavení. Pro menší rodinné domky již v dostupné cenové relaci toho moc na trhu není. Dnešní mladá populace nemá mnoho informací o různých systémech řízení, které v závěru dokáží ušetřit náklady jak na instalaci, tak i na energetickou náročnost rodinného domu. Proto je nutné vyvíjet pro malou a střední automatizaci RD levné a bezpečné aplikace použitelné pro většinu potřebných oblastí řízení a monitoringu.

Níže bude uvedeno pár základních sestav používaných v aplikaci pro řízení budov od různých výrobců, které byly vytipovány při výběru vlastního řízení pro rodinný domek. Koncepce ŘS je hlavně zaměřena na volnost programování a tvorbu vlastních řídicích algoritmů, dostupnost modulů pro rozšíření, jednoduchost instalace, nízká energetická náročnost, autonomní a reálný přístup, servisní obnovitelnost, velice rozšířené aktivní komunikační rozhraní LAN a na závěr i příznivá cena ŘS.

## 2.1 Volba a výběr programovatelného automatu

Dodavatelů PLC pro průmyslovou a domácí automatizaci je na trhu mnoho. Pro posouzení při výběru byly navrženy, čtyři výrobci, kteří se touto technikou zabývají, mají rychlou technickou podporu on-line pro případné problémy při vývoje řídicího programu a vizualizačních aplikací. U všech zmíněných řídicích systému byly kladeny požadavky na stabilitu chodu, autonomní a reálnový přístup, obnovitelnost a rozšiřitelnost hardware, jednoduché programování, energetická nenáročnost, aktivní komunikační rozhraní LAN, přiměřená cena PLC a softwaru na vývoj programu a vizualizaci přímo od výrobce určeného PLC.

Prvním vybraným výrobcem byl na našem trhu dlouholetý a stabilní dodavatel automatizační techniky a to výrobce Siemens[1] s PLC Simatic S7 nebo LOGO!. Jedná se o výrobce průmyslových PLC a vizualizačních panelů, pohonů, snímačů a všeho co se používá v průmyslových aplikacích automatizace. Siemens systém má k dispozici několik druhů komunikačních sběrnic, takže záleží pouze na uživateli, co v závěru vybere za standard. Řídicí systém SIMATIC S5/S7-300/400/1200, LOGO! 0BA0-7 a další různé kompaktní celky, jsou nejprodávanějším řídicím systémem z široké nabídky firmy Siemens AG. Jsou určeny pro realizaci rozmanitých automatizačních úloh malého a středního rozsahu. Poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na výrobní technologii. Všechny typy PLC se mohou využít i k řízení domácí automatizace.

Druhým vhodným výrobcem byla firma Eaton (dříve Moeller) s PLC Pro xComfort Smart Manager s RF sběrnici. Eaton byl rozšířen v roce 2004 o divizi inteligencí domů. Firma nabízí jak výrobky silnoproudé techniky tak již zmíněnou domácí automatizaci založenou na malém domácím serveru. Všechny přídatné a rozšiřující prvky aktory a senzory jsou bezdrátové. Instalace se obejde bez větších zásahů do konstrukce RD.

Třetím možným výrobcem je firma LOXONE s Miniserverem Loxone Smart. Tato firma se přímo zaměřila na řízení RD a nabízí širokou škálu možností aplikací v domácí automatizaci. Loxone je dlouhodobým výrobcem malé automatizační techniky vše běží na malém miniServeru a přes expanzion bloky jsou řízeny všechny aktuátory a snímače po jednovodičovou datovou sběrnici. Loxone dodává všechny kompletní prvky pro domácí automatizaci, snímače, aktuátory RF ovládání. Řídicí systém můžeme bez velkého omezení rozšiřovat o další expanzion bloky a servery.

Čtvrtým uvažovaným výrobcem je firma WAGO s PLC – PFC200 Controller a rozšiřujícími jednotkami WAGO 750. Tato firma je na trhu s průmyslovou automatizační technikou velice dlouho. V posledních pár letech se začala zaměřovat i na menší aplikace, kde není zapotřebí extrémně výkonné PLC. Výrobce dodává rozšiřující moduly zahrnují snad vše na co se dá vzpomenout od snímačů různých fyzikálních veličin až po bezdrátové komunikační moduly LAN, IrDa a RF.

Výrobce Siemens nabízí levný a dostupný PLC automat s velikým rozšířením S7-300, S7-1200 s LAN připojením. Dále je od této firmy k dispozici velice kvalitní a rozšiřitelné části pro malé, střední aplikace s PLC LOGO! 0BA7, které má taktéž LAN komunikační rozhraní. Na obr. 2 s menším PLC LOGO! 0BA7 jako snad u jediného je velice jednoduchá servisní oprava při poruše PLC. Postačí pouze nové PLC do kterého se zasune SD karta s programem a vše funguje dále jak má. U ostatních PLC musíme při poruše či výměně použít licencovaný SW a znalého programátora těchto automatů, který vše uvede v činnost.

Mezi všemi udávanými PLC je zásadní rozdíl. Pro domácí automatizaci se samozřejmě hodí všechny typy, ale již z pohledu výkonu jsou modely S7-400 a S7-300 mnohem výkonnější což v domácí automatizaci moc nevyužijeme. Z pohledu programátora jsou dražší licence pro programovací software TIA portal a STEP7 než LOGOsoft. Pokud by uživatel byl i programátorem mohla by se mu investice do zakoupené licence vrátit ve formě dalších instalací řídicích systémů v jiných aplikacích a rodinných domech. Investice do pořízení takových průmyslových automatů je cenově dostupná.



Obr. 1 – PLC Siemens S7-300 a S7-1200.(1)



Obr. 2- Malé PLC LOGO! 0BA7.(1)

Dalším vybraným výrobcem je firma Eaton s PLC Pro xComfort Smart Manager s RF sběrnici pro aktuátory a senzory viz Obr. 3,4. Výrobce je velice dobrým zastupitelem aplikací pro domácí automatizaci. Jejich základní verze miniserveru i se základními rozšířeními, není nijak cenově nedostupná, ale pokud si napočítáme veškeré aktory, snímače pro RF sběrnici pro další možné rozšiřování, vyšplhá se se cena aplikace velice vysoko. Dále vzdálený přístup pro správu probíhá přes Eaton centrální server a tento přístup je spoplatněn. Při cenovém propočtu dalšího rozšíření se uživatel RD dostává do závratných částek. U tohoto typu miniServeru uživatel při poruše musí vždy pozvat odborného servisního technika, který sjedná případnou nápravu či výměnu jakékoliv jednotky či dílu.

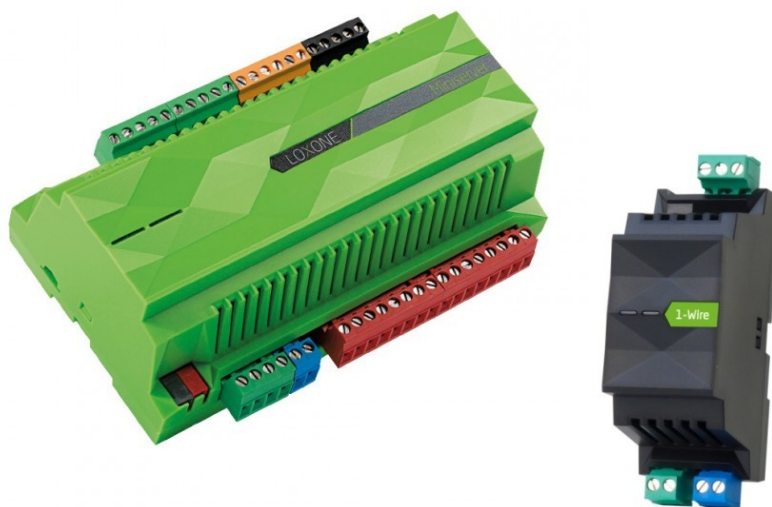


Obr. 3 – RF PLC Pro xComfort Smart Manager. (2)



Obr. 4 - Eaton rozšiřující releový RF modul výstupů PLC. (2)

U dalšího výrobce PLC LOXONE tentokrát se Švýcarskou základnou, která nabídla jednoduchý malý PLC miniserverem s velkým rozšířením s přímou vzdálenou správou viz.:Obr. 5. Komunikace všech přídatných zařízení, aktuátorů, snímačů atd.. neprobíhá po KNX sběrnici, ale po jednodrátovém adresovaném rozvodu. Což celou aplikaci výrazně zlevní a usnadní instalaci. Samozřejmě i tato firma má licencovaný software na tvorbu řídicích bloků pro aplikací. Základní verze Configu 4.0 s předdefinovanými bloky je zdarma. Tento software i s licencí není zrovna nějak předražený. Pokud se programátor spokojí s již předdefinovanými bloky pro výpočty a řízení je základní verze velice cenově příznivá. Tato přednost se týká též vizualizace o které bude zmíněno později.



Obr. 5 – MiniServer a komunikační modul LOXONE s montáží na DIN. (3)

Posledním z posuzovaných výrobců je firma WAGO se svým mini PLC - PFC200 Controller viz.:Obr. 6a rozšiřujícími jednotkami WAGO 750, pro další rozšíření a komunikaci viz.:Obr. 7. Již cena PLC je vyšší a to hlavně proto, že se jedná z větší části o průmyslové zařízení. Cena software pro programování má velice krátkou licenci.Tato licence musí být obnovována. Základní verze SW je zdarma jako trial. Velice nízkou cenou disponují rozšiřující moduly na sběrnici Profibus a Ethernet. Cenová dostupnost PLC a potřebného celého SW je mnohem výše než u ostních již zmiňovaných PLC Siemens, Eaton, Loxone.



Obr. 6 – Mini PLC WagoPFC200.(4)



Obr. 7 – Rozšiřující moduly pro externí sběr dat Profibus a Ethernet. (4)

V případě tohoto projektu popisované v diplomové práci zaměřené na domácí automatizaci byl pro řídicí aplikaci vybrán PLC Siemens S7-300 s CPU314, CP343-1 (ethernet), CP342-5 (profibus) a rozšiřující moduly Wago750. V tabulce níže je uvedeno srovnání HW a jejich cen.viz.:tab.1 a 2

Typ PLC	Výkon/operační paměť	Komunikace	Cena PLC (ks)
Siemens S7-300 CPU-314	uPC 330MHz/46kB	MPI/Ethernet	12900,-
RF PLC Pro xComfort Smart Manager	uPC 600MHz/64MB	Ethernet	24900,-
Loxone miniServer	uPC 1Ghz/512MB	Ethernet	9800,-
WAGO - PFC200	uPC 200MHz/92kB	Ethernet	27900,-

Tabulka 1- Ceny PLC jednotlivých výrobců.



Typ vstupní jednotky	Počet vstupů/výstupů	Cena (ks)
Siemens SM-321	DI 32x24VDC	4900,-
Siemens SM-322	DO 32x24VDC	5100,-
Siemens SM-331	AI 8x0-10VDC 13bit	7100,-
Siemens SM-331	AI 8x4-20mA 13bit	7100,-
Siemens CP-343-1 Lean	CP Ethernet	4900,-
Siemens CP342-5 Profibus	CP Profibus	2500,-
Eaton RF - IN	1x měření teploty RF teploty pokoje	1190,-
Loxone expanzion modul	8x OUT relé 230VAC	5190,-
Loxone 1-Wire modul	32x DI/AI 8bit	1900,-
Wago 750 - 404	4xDI 24VDC	490,-
Wago 750 - 424	4xDO 24VDC	690,-
Wago 750 - 562	2xAI 4-20mA	790,-
Wago 750 - 564	2xAO 4-20mA	990,-
Wago 750 - 333 Profibus slave		1130,-

Tabulka 2- Ceny vstupních a výstupních digitalních, analogových modulů Siemens, Wago, LOXONE, Eaton.

Srovnání cen licenčního software jednotlivých výrobců PLC v základních verzích a bez nádstaveb pro ostatní rozšiřující hardware daného výrobce. viz tabulka 2.

Typ PLC	Výkon/operační paměť	Software	Cena
Siemens S7-300 CPU-314	uPC 330MHz/46kB	STEP7- 1 rok	4900,-
RF PLC Pro xComfort Smart Manager	uPC 600MHz/64MB	E-config 2.2	19900,-
Loxone miniServer	uPC 1Ghz/512MB	Config 4.0	Zdarma, -
WAGO - PFC200	uPC 200MHz/92kB	CoDeSys	23900,-

Tabulka 3– Software pro tvorbu řídicích aplikací jednotlivých výrobců .



## 2.2 Výběr vizualizační technologie pro ŘS

Jednou z nejnáročnějších a pro uživatele nejdůležitějších bloků celého ŘS byla volba vizualizace a přístup k ovládání RD. Každá taková aplikace by měla být pro uživatele co nesnadněji ovladatelná bez zbytečných ovládacích prvků. Aplikace by měla být velice přirozená a intuitivní neboli „user friendly“.

K aplikaci musí mít uživatel přístup odkud kolik na světě. Poslední dobou jsou velice rozšířené chytré telefony a tablety, kde k přístupu na vizualizaci stačí být v jaký koliv okamžik ve WiFi nebo 3G síti, která je připojena do externí sítě internet. Zde se nabízí velická škála možných řešení vizualizace ŘS. V tomto případě byl zvolen postup jednoduchého výběru výrobců PLC s pokusem použít jejich vizualizační nástroje k zobrazení dat. Každý výrobce, ať již průmyslové tak domácí automatizace má své vlastní možnosti vizualizovat vytvořené řízené technologie a stav jejich PLC.

U firmy Siemens je komunikace přes chytrý telefon velice těžkopádná a hodně drahá. Vysoká cena se již odráží na zakoupení miniserveru CP343-IT a taktéž nákup SW WinCC Flexible pro správu přes vzdáleného klienta potřebného k přístupu do tohoto SW. Každý tento SW musí běžet na OS WinXP, Win7 a PC platformě. Tato vizualizace požaduje pro svůj chod a ukládání naměřených hodnot PC s licencí od Siemens a nebo OP, TP a MP panely s USB průmyslovým výstupem. Panel musí být trvale zabudován do stěny pokoje, nebo rozvaděče (velice drahá zaležitost) viz.:Obr. 8 a Obr. 9. Dále se dají použít dotykové panely od jiných výrobců podporující stejný komunikační protokol, nebo OPC server.

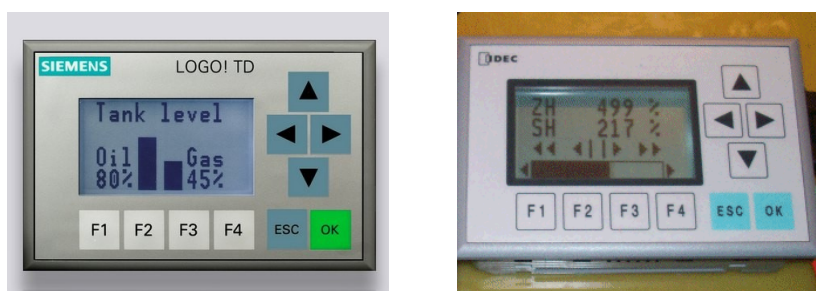


Obr. 8 – MP,TP,OP dotykové průmyslové panely Siemens. (1)



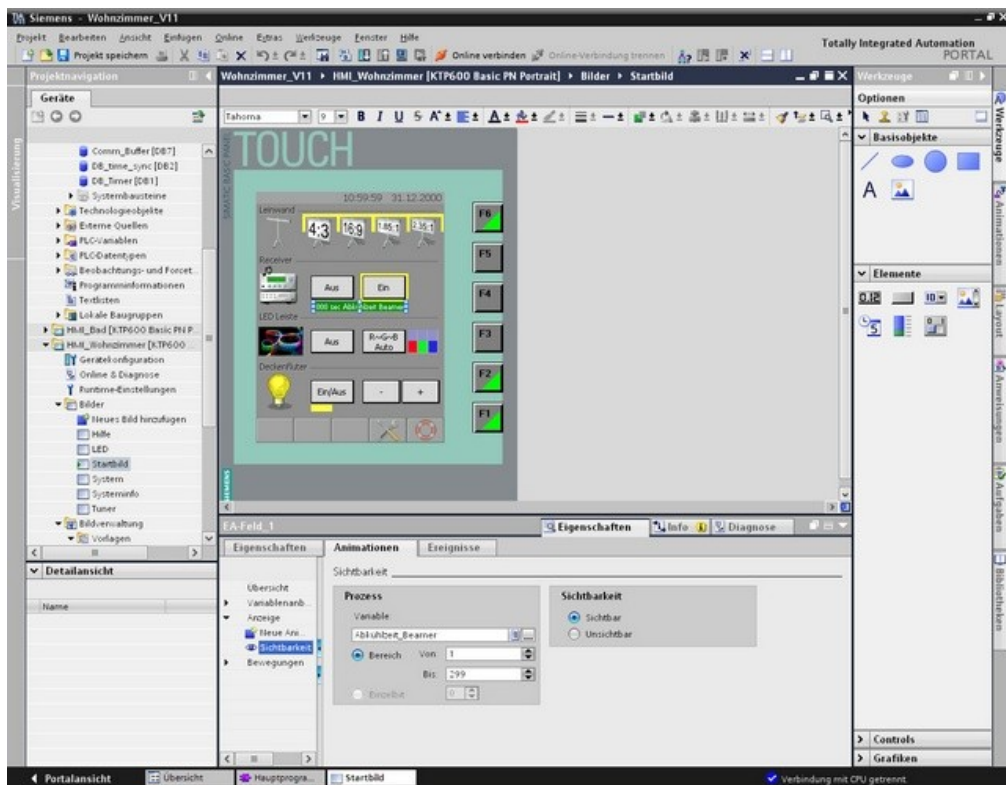
Obr. 9 – Vizualizační dotykové panely VSE a Megalis od Schneider elektric. (5)

Jednodušší a levnější varianta pro malé aplikace je TD panel (výrobce Siemens a IDEC) viz.:Obr. 10 pro PLC LOGO!. Bohužel u starších verzí je tento panel pevně spojen s PLC a neumožňuje vzdálenou správu a to pouze do verze 0BA6.

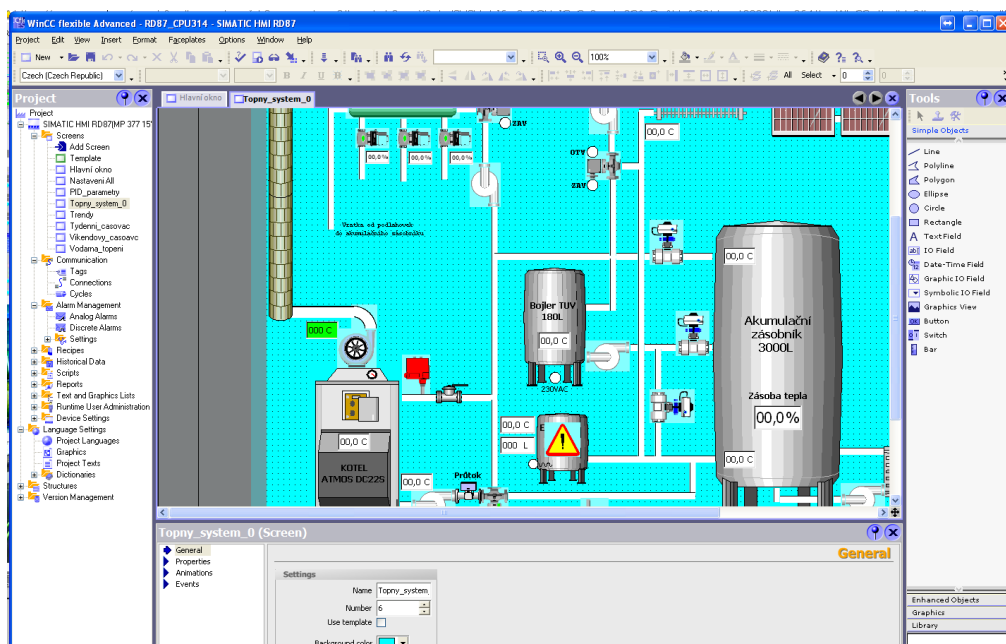


Obr. 10 - Ovládací panel Siemens LOGO!TD panel. (1)

U verze 0BA7 je to již jiné, ta disponuje Profinet (LAN) připojením a s tím se dá již vytvořit velice pěkné vizualizace ve WinCC, TIA portálu viz.:Obr. 11 a Obr. 12, nebo pak dále zmíněném Visual Studiu 2010. Siemens prozatím nepodporuje ani nenabízí aplikace pro domácí automatizaci, proto nemá žádný rychlý a levný vizualizační nástroj pro S7 PLC.



Obr. 11 – Vizualizační software TIA Portal. 11. (1)



Obr. 12 - Vizualizační software Siemens WinCC Flexible 2008.

Pro seznámení s PLC nabízí výrobce Siemens „Starterkit“ tj. kufřík s PLC LOGO! 0BA7 s SW TIA portál s licenci, vše potřebné k chodu se dá pořídit již za velice příznivou cenu. Nebo Simatic S7-1200 se stejným vybavením jako „Starterkit“ s LOGO!, kde pořizovací cena je jen o něco málo větší. Pro začínající programátory, kteří se chtějí seznámit a použít PLC v domácí automatizaci je to velká výzva.

Výrobce Eaton se svým PLC Pro xComfort Smart Manager viz.: Obr. 13 dodává kompletní vizualizační software E-config 2.2, která je tvořena jako aplikace pod Android nebo html dokument pro zobrazení v jakémkoliv webovém prohlížeči internetu viz.:Obr. 14.

Pokud je uživatel v dosahu domácí sítě WiFi či LAN nepotřebuje používat pro vzdálený přístup do aplikace Eaton serveru, který bezpečně spravuje mnoho vzdálených přístupů do xComfort aplikací. Vizualizační SW je v demo verzi zdarma. Další a většinou potřebné části jsou licencované a zpoplatněny. Nebylo zjištěno, jak je zpoplatněn vzdálený přístup pro vizualizace přes Eaton server.

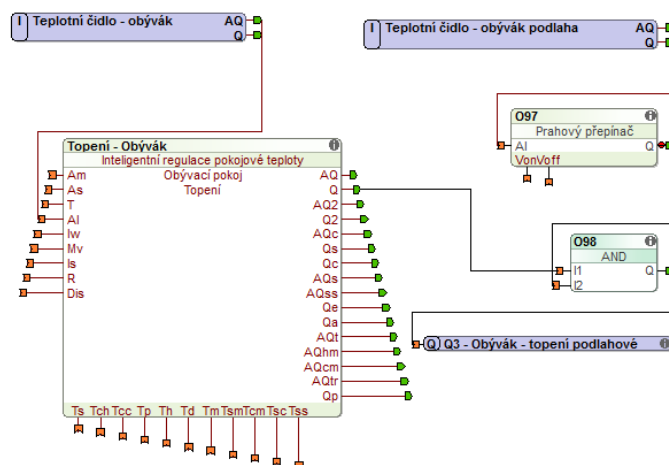


Obr. 13 - Vizualizační panel xComfort Eaton. (2)

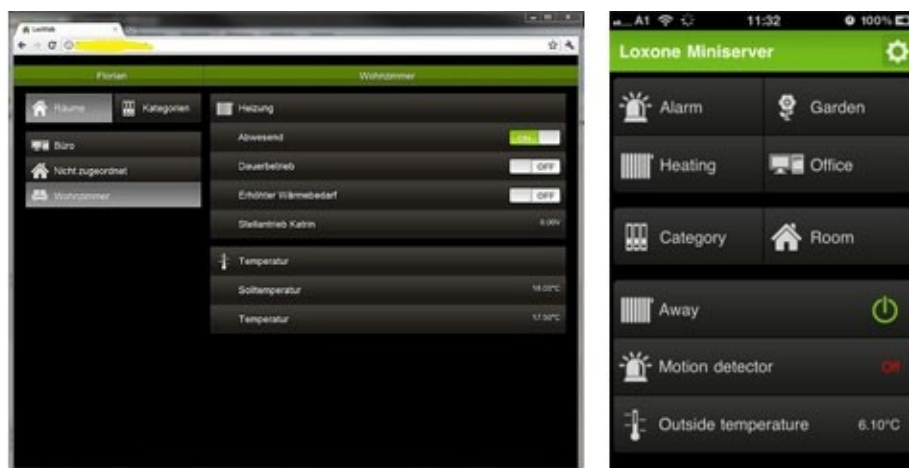


Obr. 14 - Vizualizační software Eaton E-Config 2.2 Android.(2)

Výrobce Loxone nabízí pro svůj miniserver velice jednoduchý a přehledný software pro tvorbu vizualizací. Loxone Config 4.0. Je to nástroj již z předdefinovanými bloky používané převážně pro domácí automatizaci. V tomto software se tvoří jak řídicí tak vizualizační program. Základní verze se dodává zdarma s miniserverem. Další rozšíření je již zpoplatněné. Rozšíření SW se týká o tvorbu programů pro Android a webové rozhraní. Výrobce na svých stránkách nabízí pomocí videí úvodní tutoriál do základní konfigurace miniserveru a vytvoření pomocí přednastavených bloků malý řídicí program.



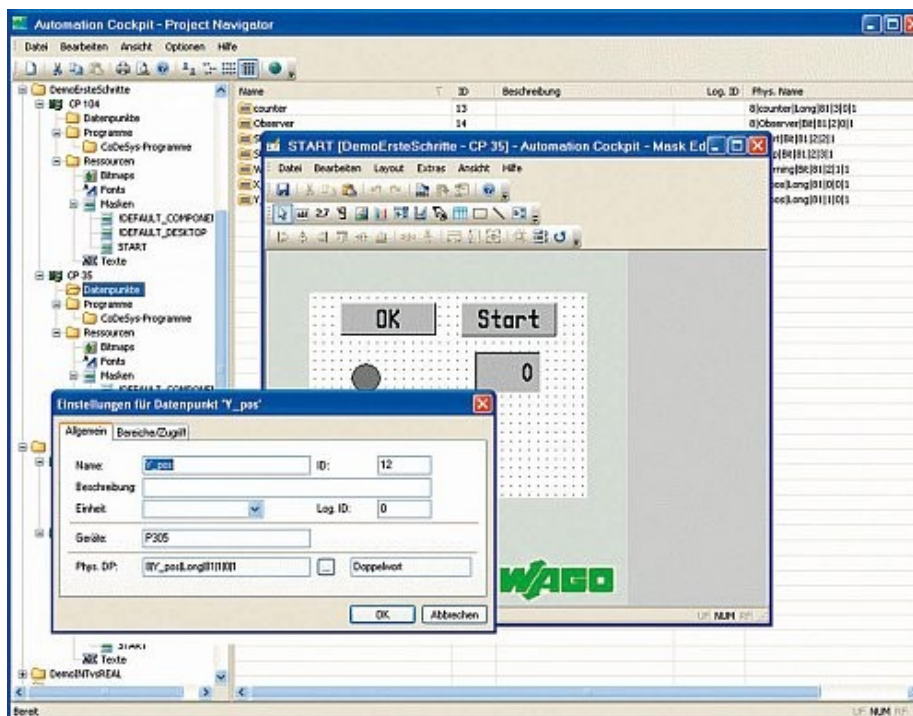
Obr. 15 - Vizualizační software Loxone Config 4.0 v části nastavení bloků řízení. (3)



Obr. 16 - Vizualizační software Loxone Config 4.0. (3)



Výrobce Wago, který se zabývá ve většině případů jak již bylo zmíněno o průmyslovou automatizaci se taktéž do domácí automatizace či vizualizace příliš zatím nepustil. Tato společnost nabízí integrovaný software CoDeSys který slouží pro tvorbu řídicího programu a je plně kompatibilní s OPC a DDE protokolem. Jejich integrované vývojové prostředí umožňuje konfigurovat PLC všech řad Wago. Pro pohodlné a jednoduché vytváření vizualizací poslouží software Wago Cocpit viz.:Obr. 17, kterým se konfiguruje ethernetové rozhraní I/O vstupy. Vytvořená vizualizace pak běží v každém html prohlížeči, nebo přímo na připojeném monitoru k PLC.



Obr. 17 - Vizualizační software Wago CoCpit. (4)

### 3. Návrh koncepce řídicího systému pro zvolený objekt

Určitě všichni znají ten pocit, když nejsou doma a nevědí, jestli zhasli světlo, zavřeli okna, zapnuly zabezpečení, vypnuli topení atd. Tyto otázky si majitel RD s dálkovou správou vůbec nemusí pokládat. Přes vizualizační aplikaci se tyto stavy dají zjistit nebo změnit.

Vždy je nutné si položit otázku, zda řídicí systém funguje, jak má, jestliže jeho životnost bude vůči investicím stabilní a jak dlouhá. Většina PLC pro domácí automatizaci vydrží dlouhou dobu svého života bez poruchy. Samozřejmě za předpokladu správné instalace provozovatelem, nebo realizační firmou a dodržení instalačních pokynů dané výrobcem. Každý takový řídicí systém si již zaslouží při různých rozšiřováních a opravách pro realizaci odbornou firmu. Proto je kladen výrobcem obrovský důraz na stabilitu, kvalitu řízení a životnost systému. Dále se musíme zamyslet i nad životností aktorů a senzorů. Tam je to již trochu horší. Všechny tyto sběrné a řídicí prvky jsou vystaveny neustálým změnám prostředí, obsahují mechanické prvky a pohyblivé části. Třeba venkovní žaluzie pro stínění objektu proti nadměrnému vyhřátí, ty jsou namáhané všemi povětrnostními vlivy. Zde může dojít co nejdříve k poruše. U topného a regulačního okruhu může časem docházet k poruchám aktorů nebo i snímačů. I zde jsou zařízení namáhány změnami teplot, tlaku, vlhkosti ap.

V tomto případě bylo přikloněno při výběru ŘS k více průmyslovým, i když o něco málo dražším PLC, aktorům a snímačům. Tyto průmyslové zařízení jsou přece jenom mnohem mechanicky odolnější, povětrnostním vlivům, síťovým rušením atd.... Průmyslová PLC mají mnohem delší životnost i při výrobě dnes již bohužel v asijských zemích. Zde je kladen vysoký důraz na standard kvality pro výrobky dané firmy, které si takto nechá své produkty vyrábět.

Po dlouhých úvahách nad různými koncepty a výrobci domácím, či průmyslové automatizační techniky byl zvolen programovatelný automat Siemens S7-300 s CPU 314. Tento druh PLC se dá pořídit již za rozumnou cenu a to dokonce nižší, než u výrobců PLC, která se zaměřuje přímo na domácí automatizaci. Dnes můžeme tento starší typ bezproblémově zaměnit za jiné typy PLC od firmy VIPA nebo Softlink, které jsou plně kompatibilní s PLC Siemens a cenově mnohem levnější a dostupnější. Rozšiřující vzdálené profibusové slave stanice byly vybrány od firmy WAGO typ 750, protože jsou mnohem levnější, než profibusové vzdálené slave do Siemens typ ET200S. Rozšíření na potřebný počet vstupů na vzdálených slave stanicích u typu WAGO přijde kolem 120,-Kč na jeden digitální vstup i výstup 24VDC. Pro analogové vstupy to je zhruba 190,- Kč na jeden vstup, nebo výstup 4-20mA. Rozšíření u Siemensu na potřebný počet vstupů a výstupů vyjde mnohem draž. Je to cca. 1100,- Kč za jeden vstup nebo výstup 24VDC. U analogových vstupů a výstupů se cena pohybuje kolem 1800,-Kč za jeden vstup, zde se cena může ještě lišit v závislosti na bitové přesnosti (12-16bit) převodníku analogových hodnot.

Co se týká vizualizace, tam to bylo podstatně horší, nové vizualizační panely bohužel pouze pro průmyslové prostředí byly tak drahé, že nastal okamžik zlomu, kdy bylo zvoleno si napsat vlastní vizualizaci ve volně šiřitelném programu MS Visual Studio 2010. Z prvopočátku tomuto vizualizačnímu prostředí nabyla kladená velká důvěra, ale programátor píšící kódy k programu přichází na krásu tohoto SW až ve chvíli, kdy začíná všechna grafika vypadat jak má a načtené parametry začínají dávat smysl. Není zde nic předdefinováno, takže vše si musí programátor vytvořit nebo nakreslit sám. Jako u všech typů nestandardních vizualizací se programátor potýká s mnoha různými problémy.

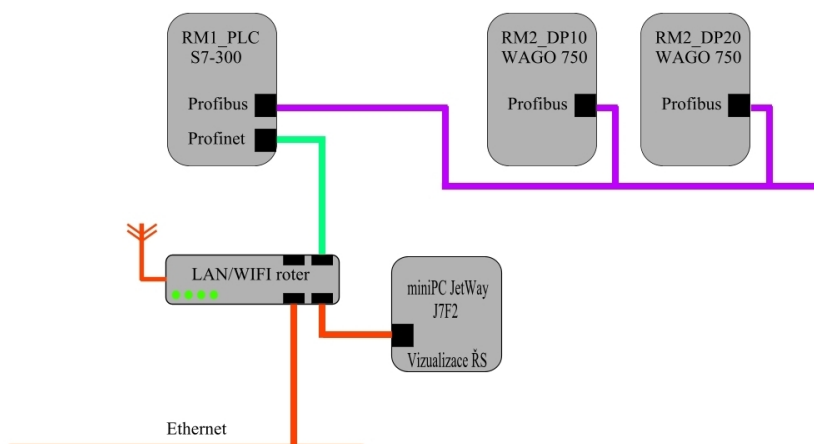
## 4.1 Základní blokové schéma ŘS

Jako snad každý nestandardní typ ŘS prošel dlouhou cestou vývoje a výběrem dostupného hardwaru, až ke kompletnímu, ucelenému ŘS, který je možno plně rozšiřovat, ať již po stránce komunikační (Profinet, Profibus), nebo po stránce hardwaru (změna PLC, vzdálených slave stanic WAGO atd..).

V tomto případě byl rozhodujícím faktorem, volba základního typu řízení, jestliže pro tak malý ŘS bude stačit centralizovaný ŘS, nebo pro budoucí zvětšování decentralizovaný ŘS. V případě centralizovaného ŘS se musíme spokojit s jedním PLC a příslušnými vzdálenými periferiemi pro snímání a ovládání fyzikálních veličin. Tento ŘS má jednu nevýhodu. Pokud se PLC zastaví tzv. „spadne do stopu“ nastává veliký problém. Vůbec nic nefunguje, nejde vzdálený přístup, a pokud by na takový ŘS byly připojeny třeba přístupy do RD, tak ani tato část nebude fungovat. Programátor musí napsat program na takové úrovni, aby tato situace nikdy nestalak, nebo byla důmyslně ošetřena. Bohužel jak PLC tak všechny periferie jsou jen elektronické prvky a k poruše může někdy dojít. Naopak u decentralizovaného ŘS tato situace hned tak nastat nemůže. ŘS je založena propojení hned několika PLC. Každá část řízení RD (topení, přístupy, zabezpečení, dálkový monitoring) mají vlastní PLC. Mezi těmito PLC probíhá komunikace a předávání potřebných informací o ŘS pro další zpracování.

Z důvodů finančního zatížení při instalaci ŘS byl zvolen centralizovaný systém řízení. Hlavní PLC Siemens S7-300 řídí a monitoruje celou otopnou soustavu, TUV, akumulaci otopné vody v AKUM, řídí rozvod podlahového topení, radiátorového topení, veškeré regulace a ekvitermní výpočty, řídí chod zplynovacího kotle ATMOS DC22S, řídí automatický chod topení a řeší ruční režim vytápění dle uživatele. Monitoruje vzdálené periferie WAGO (vodárnu a kotelna) a měří příkon RD.

Jak patrně z blokového schématu ŘS je celý systém rozdělen na důležitá a méně důležitá centra. Hlavním PLC jak již bylo zmíněno je Simatic S7-300, který řídí energetické poměry v RD. Ostatní vzdálené jednotky WAGO na systému vytápění nemají žádný podíl. Pokud nastane porucha na vzdálené jednotce WAGO systém to vyhodnotí jako poruchový stav a dál vyzve uživatele k nápravě. V žádném z uvedených případů poruch se neovlivní chod hlavního PLC, vždy je možné provést vzdálený restart jednotky PLC a vzdálených jednotek na síti přes vizualizaci a vzdálenou správu.



Obr. 18 - Blokové schéma propojení ŘS.



## 4.2 Volba a výběr snímačů

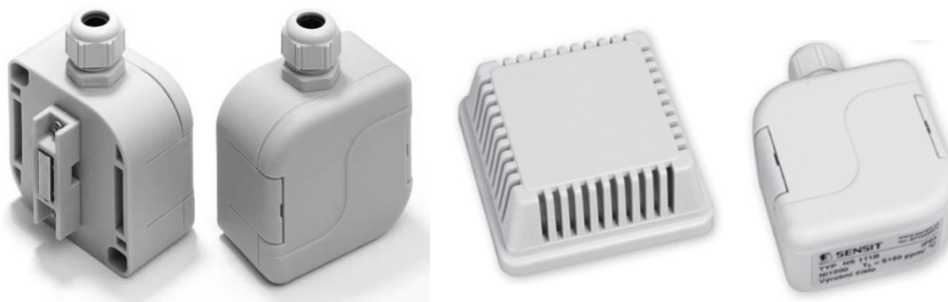
Velice důležitou a nedílnou součástí celého ŘS jsou snímače a aktuátory, které nám zajišťují převod fyzikálních veličin pro další zpracování na elektrický signál a zpět. Na těchto snímačích záleží veškerá kvalita a přesnost řízení energetických poměrů v RD. Snímače jsou použity na místech, kde je nutné znát teplotu a tlak viz.: Obr. 27. Při volbě snímačů musíme dodržet několik zásadních kritérií, které nám předurčují již zvolená PLC a vzdálené stanice Wago. U hlavního PLC Siemens máme na výběr hned z několika možných připojení snímačů.

Při výběru aktorů, rozšíření a modulů, nebo snímačů fyzikálních veličin máme velký výběr výrobců, kteří se zabývají ať již průmyslovým zpracováním snímačů, nebo snímači pro domácí automatizaci. Je důležité vybírat zařízení, která plně komunikují, nebo je lze připojit k vybranému PLC bez větší převodů a problémů. Pak již záleží na motivaci majitele RD jakého výrobce si zvolí za dodavatele již zmíněných zařízení. Při tomto výběru musíme také zohlednit, zda je instalace prováděna v nové zástavbě či ve starších RD, zda bude náročné použít drátové rozvody, nebo nikoliv. I na tuto variantu bylo myšleno přímo u výrobce Eaton, který nabízí všechny své aktory a senzory již bezdrátové na technologii WiFi 2,4Ghz. Tomu však odpovídá i cena. Z použitého RF připojení vyvstává další otázka „*jak dlouho vydrží napájecí baterie v bezdrátových modulech?*“. Firma Eaton garantuje při použití kvalitních baterií až 1 rok bezproblémového chodu. Úbytek napětí na bateriích je hlášen systému, takže provozovatel RD může včas na tento stav reagovat. U ostatních výrobců automatizačních technologií je to malinko horší. Třeba firmy LOXONE, ta to vyřešila připojením snímačů po 1 drátovém adresovaném rozvodu. U těchto snímačů je podstatný cenový skok dolů. Cena snímačů fyzikálních veličin je velice nízká a expanzion blok pro řídicí výstupy je taktéž jednoduše řízen po „jednom drátě“. Snímače teplot nabízejí s teplotními senzory Dallas a aktory jsou založeny na elektrotermickém principu řízené napětím 0-10VDC. Na jeho výstupy s bezkontaktními výstupy SSR nebo mechanickým relé již můžeme připojit jakýkoliv aktor či další ovládané zařízení.

**Snímače teplot** – u těchto zařízení musí být dodržen teplotní a instalační rozsah daný výrobcem, tím se alespoň vyvarujeme následných poruch a případné částečné ochromení ŘS v budoucnosti. Na výběr máme možnosti udávané v tab. 4, které jsou zaměřeny již na vybraný ŘS. Snad všem technikům a projektantům v oblasti průmyslu je důvěrně známo analogové propojení zařízení unifikovaným signálem pro přenos hodnoty prostřednictvím proudové smyčky, obvykle 0-20 mA, 4-20 mA, nebo napěťové úrovně 0-10VDC. Vstupní analogové moduly ŘS lze nakonfigurovat na různé tyto vstupní signály buď při výběru vstupních měřicích modulů, nebo lze konfigurovat vstup softwarově. V našem případě je použito snímačů teplot Pt-100 viz.: Obr. 19 a 20s převodníkem na unifikovaný signál vhodný pro analogové vstupní karty Siemens SM-331 a WAGO-750. Signál je převeden na napěťovou nebo proudovou úroveň 0-10VDC, pro snímače tlaku v systému na 4-20mA.

Typ snímače teploty	Typ výstupního signálu	Měřicí rozsah teplot	Připojení PLC	Cena
Pt-100 - příložné	O odporový	-50 - 150	Bez převodníku	790,-
Pt-100 - exteriér	Proudový	-30 - +60C	Převod. 4-20mA	1290,-
Pt-100 - interiér	Proudový	5 - 30C	Převod. 4-20mA	990,-
Pt-1000 - do jímky	O odporový	-50C - +300C	Bez převodníku	390,-
Optika - Infračervené	Proudový	0C - 300C	Převod. 4-20mA	1990,-

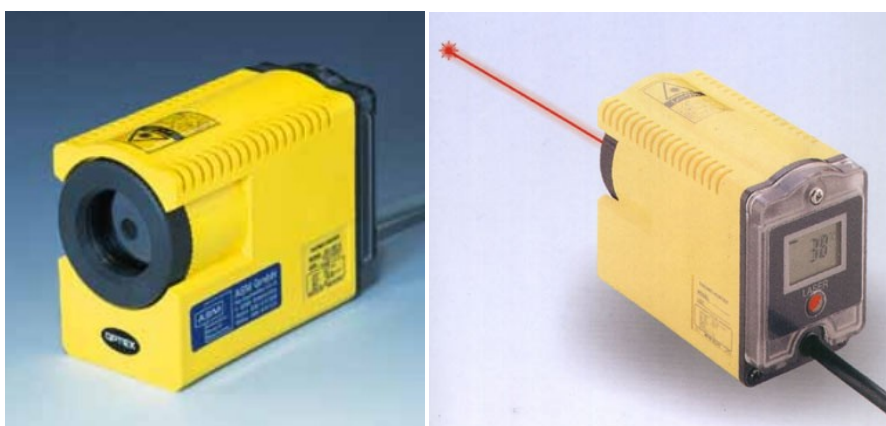
Tabulka 4 - Výběr teplotních snímačů použitých v ŘS.



Obr. 19 – Snímač teploty příložný na potrubí bez převodníku t/I a exteriérové s převodníkem. (6)



Obr. 20 - Snímač teploty Pt1000 pro montáž do jímky. (6)



Obr. 21 – Optex laserový snímač teploty BA-06TV. (7)

**Snímače tlaku** –u těchto důležitých snímačů musí být taktéž dodrženy pracovní podmínky stanovené výrobcem, aby byla dosažena vysoká kvalita a opakovatelnost měření. Snímače použité u této aplikace byly vybrány za účelem sledování tlaku v systému otopné soustavy a tlaku vody v části vodárny od výrobce IFM, jelikož tato firma vyrábí snímače v širokém spektru použití a velice dobrým poměrem cena/kvalita určená pro průmyslovou automatizaci. Pro naše účely tento typ snímače bude dostačující a dlouhodobě stálý jak po mechanické tak po elektronické stránce viz.:Obr. 22. - Obr. 25.

Při výběru snímač tlaku byly kladeny velké požadavky na mech. odolnost, typ závitového připojení, dlouhodobou teplotní i elektronickou stálost a na pracovní teplotu měřeného média. V této aplikaci se teplota měřených medií pohybuje od 1 – 110°C.

V níže uvedené tabulce je srovnání cenové nabídky jednotlivých výrobců snímačů relativního tlaku se šroubovým připojením a potřebným typem elektronického výstupu vhodného pro tuto aplikaci.

Typ snímače tlaku	Měřicí rozsah (bar)	Přípustný přetlak (bar)	Pracovní teplota (°C)	Odchylka od char.	Typ výstupu	Teplotní chyba	Cena Kč
PF2653 -IFM	0-25	10	-25 – 80	< 0.8%	4-20mA	< 0.1%	3790,-
PM111 – BHV sensors	0-10	5	-25 – 90	< 1%	4-20mA 0-10VDC	< 0.3%	7890,-
TMG 617 - Cressto	0-2	10	0 – 100	< 1%	4-20mA	< 0.25%	4190,-
DMP331 - BD Sensors	0-6	2	-20 – 160	< 1%	0-10VDC	< 0.3%	3690,-

Tabulka 5 – Typy snímačů tlaku a jejich parametry.



Obr. 22 – Snímač tlaku PF2653 s displayem - výrobce IFM. (8) Obr. 23 – Snímač tlaku PM311 - výrobce BD sensors. (9)



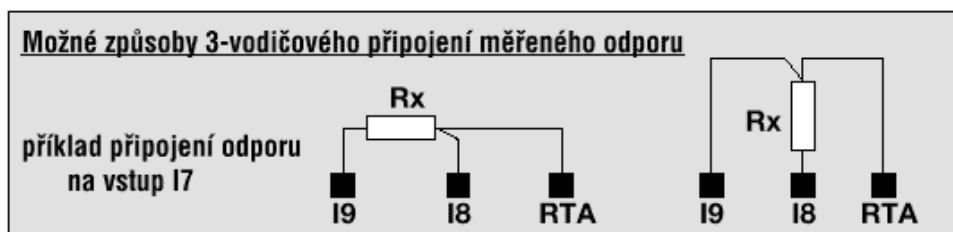
Obr. 24 – Snímač tlaku PM111 od výrobce BHV. (10)



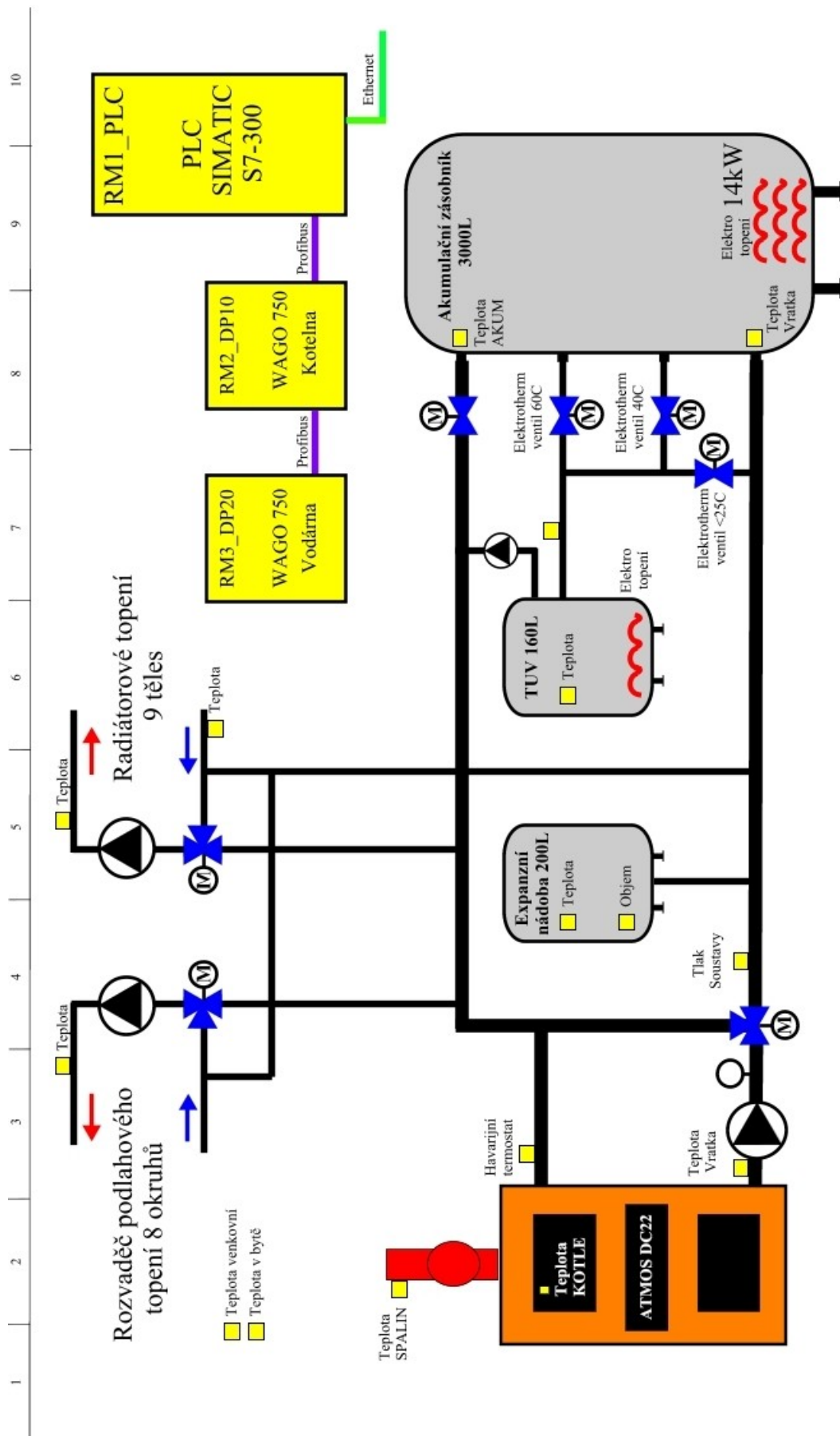
Obr. 25 – Snímač tlaku TMG 617 od výrobce Cressto.(11)

Již zmíněný ŘS Siemens Simatic S7-300, který byl vybrán i jeho analogové vstupy umí zpracovávat unifikované signály 0-20mA, 4-20mA, 0-1VDC, 0-10VDC a 70mV. S tímto ohledem byly vybírány výše zmíněné snímače fyzikálních veličin (teplota, tlak). Pro snímání tlaku v systému topení a v okruhu vodárny byl vybrán typ od výrobce IFM PF2653 s 1" připojením a výstupním analogovým signálem 4-20mA. Tato proudová hodnota má výhodu v tom, že lze do řídicího programu nastavit hodnoty pro diagnostiku proudové smyčky v případě přerušení, nebo zkratu na vedení. Tyto hodnoty pak lze jednoduše zapsat do poruchových hlášek ŘS.

U teplotních snímačů bylo vybráno řešení s jednoduchým příložným systémem na potrubí viz.: Obr. 19. Pro snímače použité v interiéru byl vybrán typ s pěkným designovým zpracováním. Snímač pro měření teploty byl zvolen platinový článek PT-100. Jelikož vedení od tohoto snímače nebylo příliš dlouhé, stačilo pro kompenzaci chyby vedení provést připojení k převodníku tzv. „třívodičovým“ provedením, které jsou instalovány v hlavním rozvaděči ŘS viz.: Obr. 26



Obr. 26 – Možnosti připojení snímače teploty Pt-100 k převodníku R/I. (6)



Obr. 27 – Schematické znázornění rozvodů, snímačů a aktuátorů.

Vytvořeno: 15.03.2010	Autor: REXautomatizace Bc. Jaroslav Král	Seznam a propojení zařízení	Základní číslo: 001_2010	Skupina: +
Změněno: 10.05.2010	Investor: Jaroslav Král, Troubelice 87			
Zpracoval: Bc. Jaroslav Král		Číslo výkresu: Propojení zařízení	List číslo: 8	Lokace: =
Formát výkresu dle ČSN EN ISO 5457				
				Celkem listů: 12

## 4.2 Volba a výběr převodníků úrovní pro analogové vstupy PLC

Jelikož v ŘS je použito mnoho snímačů teplot bylo z hlediska ceny vhodné použít externí převodníky R/I s montáží na DIN lištu přímo v hlavním rozvaděči. V Tabulka 6 je porovnání cen a funkce čtyř nejdostupnějších převodníků na našem trhu. Kritéria pro výběr převodníku vyvstanula již z použití snímačů fyzikálních veličin a vhodnosti připojení k PLC. Jedno z důležitých kritérií byly linearita, široký rozsah nastavení minimálních a maximálních rozsahů převodníku, stejné napájecí napětí a nízký příkon.

Typ převodníku	Měřicí rozsah	Napájecí napětí	Odchylka od char.	Typ výstupu	Teplotní chyba	Cena Kč
Sensit Pt	-50 - +1500	10 - 36VDC	< 0.8%	4-20mA	< 0.1%	1290,-
Jumo dTrans	-20 - +200	16 - 30VDC	< 1%	4-20mA 0-10VDC	< 0.3%	7890,-
EBD 1087	-30 - +800	10 - 36VDC	< 1%	4-20mA	< 0.25%	680,-
Regmet RU	-30 - +900	10 - 36VDC	< 1%	4-20mA	< 0.3%	980,-

Tabulka 6 – Typy převodníku veličin na unifikovaný signál.



Obr. 28 - Převodník R/I výrobce EBD ,R/I výrobce Regmet, Jumo a Sensit s montáží na DIN lištu. (12)

## 4.3 Volba a výběr aktorů pro směšovací jednotky

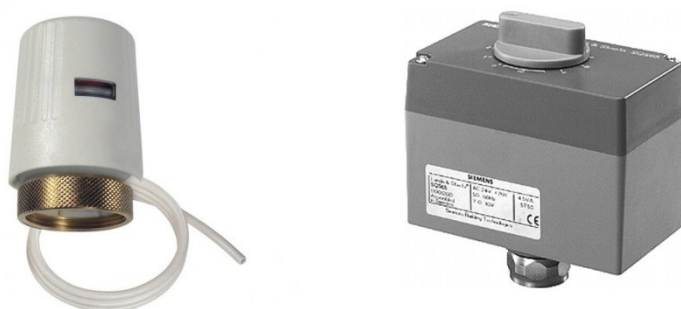
**Aktuátory (aktory)** – v každé regulační soustavě musí být vždy prvek pro snímání fyzikální veličiny a prvek pro její řízení. V našem případě jsou aktuátory použity pro regulaci topných medií v soustavě vytápění. Pro funkci směšování jsou použity servomotorické jednotky, které řídí 3cestné směšovací armatury. Pro jednoduché otvírání a zavírání topných cest bylo použito elektrotermických hlavice s jednoduchou armaturou pro dvoustavovou činnost. Na tyto pohonné jednotky byly kladeny stejné podmínky při výběru jak na ostatní prvky celé regulační soustavy.

Velice důležitým prvkem pohonných regulačních jednotek je servomotor. Jeho mechanická stálost a přesnost chodu převodu na výstupní zásah s nízkoeenergetickou náročností. U elektrotermických pohonných jednotek tato nejzranitelnější část odpadá a to jsou mechanické převody z motorů na výstupní část pro spojení se směšovací armaturou. Elektrotermický pohon je založen na principu dilatace kovu (nejčastěji bimetalové spirály), která je nahřívána topným tělískem s nízkým

příkonem. Řádově několika Watty. Výrobce vyrábí dvě mechanické varianty (bez napětí stav - NC/NO) a různé varianty ovládacího napětí od 12VDC – 230VAC. Porovnání cen a základních údajů je v Tabulka 7.

Typ pohonu	Jednotka	Napájecí napětí	Odchylka od char.	Doba přestavení	Cena Kč
<b>SQX-36</b>	2x Motor	230VAC	< 0.8%	90s	2290,-
<b>Belimo VX-24</b>	2x Motor	230VAC	< 1%	120s	3690,-
<b>Siemens VX</b>	El. Therm	24VDC	< 1%	240s	490,-
<b>Danfoss</b>	El. Therm	24VDC	< 1%	210s	590,-

Tabulka 7 – Typy pohonů regulačních armatur.



Obr. 29 – Elektrotermický a motorický aktuátor od výrobce Siemens s ovládacím napětím 24VDC. (1)

V aplikaci pro řízení topných okruh RD bylo použito pro rychlejší regulaci na topných okruzích radiátorového a podlahového topení motorických serv Siemens SQX-36 ovládaných přímo reléovými výstupy PLC. Jak bude dále podrobněji rozepsáno, pro tyto okruhy je použito řízení, dle ekvitemních křivek vypočítaných z měřených teplot soustavy.

Pro volbu okruhu TUV jsou dostačující elektrotermické pohony armatur ventilů k vytápění TUV z akumulčních zásobníků. Čas přestavení cca 3 minuty ventilu, pro tuto ON/OFF aplikaci je plně dostačující. Pohonů je přímo řízen z výstupu ŘS 24VDC a algoritmem v PLC.



## 4. Výbava, testování a spuštění rozvaděče ŘS

V této části DP se budeme podrobněji zabývat vhodnou volbou a osazením hlavního rozvaděče ŘS. Vždy si pro ucelenou představu musíme rozvaděč osadit buď v CADu nebo postačí poskládat komponenty na pracovní stůl pro vobu vhodných rozměrů rozvaděče. Připočítá se cca 30% prostoru v rozvaděči na víc z důvodu možných změn či rozšíření při realizaci ŘS a větrání. Celá část, ať již silových, digitálních, nebo analogových okruhů musí být patřičně jištěny a rozděleny do napájecích okruhů. V žádném případě se nesmí okruhy různě elektricky propojovat a to hlavně z důvodů diagnostiky poruch. Na Obr. 30 je blokové zapojení silové, digitální a analogové části s patřičným jištěním a rozdělením do okruhů.

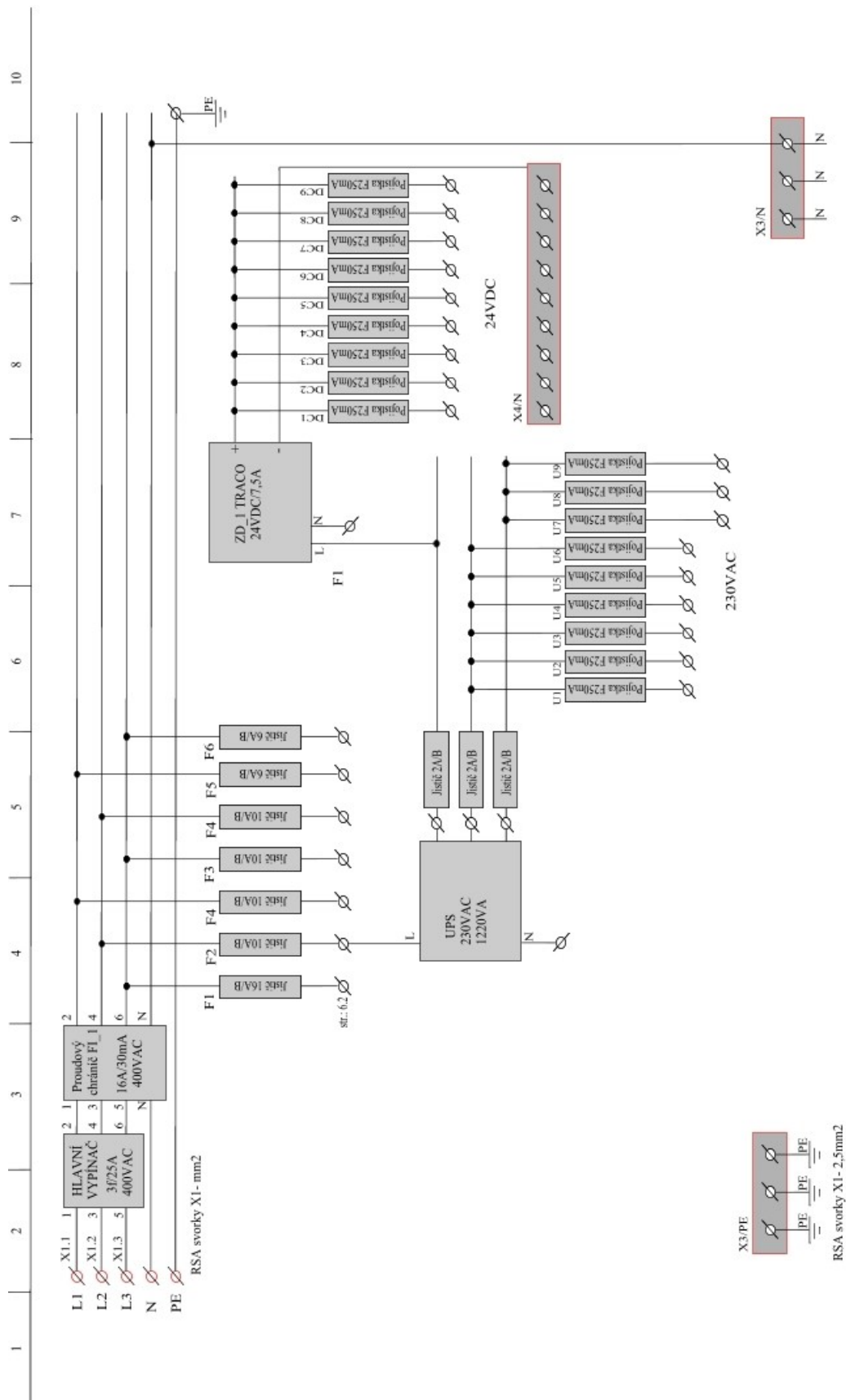
V této aplikaci svými rozměry dostačuje rozvaděč vyrobený z ocelového plechu a opatřen nátěrem RAL9600 o velikosti v.1200mm x š.600mm x h.300mm. Uvnitř rozvaděče je instalována montážní ocelová deska pro osazení prvky jištění, napájení a řízení.

Pro vzdálenější WAGO periferie (vodárna, kotelna) byl zvolen menší plastový rozvaděč ARIA 68 o rozměrech v.600mm x š.400mm x h.200mm. Tyto rozvaděče obsahují vzdálené DP klienty pro řízení ostatních celků ŘS. Rozvaděče jsou propojeny pouze zálohovaným napájecím vedením 230VAC a komunikačním rozhraním Profibus DP. Oba rozvaděče jsou opatřeny dostatečným počtem kabelových průchodek a kabelových vývodů PG8-21.

V části ožívování PLC a první části programového vybavení, přihlídneme k této kapitole DP. Tato část je velice důležitá z hlediska bezpečnosti, úrazu elektrickým proudem a následné diagnostiky poruch. Osazený rozvaděč ožívujeme postupně. Před zapnutím hlavního vypínače je nutné mít všechny jističí prvky v poloze vypnuto. Musíme proměřit měřicím přístrojem dle blokového schématu viz.:Obr. 30, jestliže máme všude dostupné elektrické napětí odpovídající zapojení. Další hlavní součástí ŘS je oživení silových částí a UPS záložního zdroje napájení. Po zapnutí opět změříme na svorka či jističích dostupné údaje o napětí vyzkoušíme si přepnutí na záložní systém UPS vypnutím hlavního vypínače.

Pokud bylo vše v naprostém pořádku, začneme postupně ožívovat spínací výkonovou část výstupů PLC a hlavní napájecí zdroj ZD\_1 24VDC/7,5A TRACO. Jestliže na vstupní straně je vše po měření správné, začneme postupně zapínat ostatní pojistky na SS straně zdroje. Začínáme postupně od PLC až k přídatným kartám a CP. Jako poslední si zapneme část analogovou, zapnutím příslušných pojistek. V příloze na CD je podrobná dokumentace rozvaděče RM1\_PLC, jsou tam i fotky postupu osazování rozvaděče.





Obr. 30 – Blokové schéma zapojení silových obvodů rozvaděče ŘS RM1\_PLC.

Vytvořeno: 15.03.2010	Autor: REXAutomatizace Bc. Jaroslav Král	Zákaznické číslo: 001_2010	Skupina: +
Změněno: 10.05.2010		Lokace: =	
Zpracoval: Bc. Jaroslav Král		Číslo výkresu: RM1_PLC	List číslo: 4
Formát výkresu dle ČSN EN ISO 5457	Investor: Jaroslav Král, Troubelice 87		Celkem listů: 12

## 5.1 Jednotlivé části hlavního ŘS rozvaděče a jejich popis

Řídicí rozvaděč obsahuje vybrané PLC Siemens S7-300 CPU-314, příslušné napájecí zdroje od výrobce TRACO, převodníky snímačů Pt-100 na unifikovaný signál 4-20mA pro analogové vstupy PLC, příslušné reléové spínače pro zvýšení spínacího výkonu výstupů PLC a pro větší proudové odběru jsou použity bezkontaktní polovodičové SSR spínače OMRON.

V předchozích kapitolách, bylo zmiňováno jak velice důležité je mít odděleny všechny napájecí okruhy. Tyto okruhy jsou jištěny jističi a pojistkami v patřičné proudové hodnotě pro daný okruh viz :Obr. 31. Pro příklad bych uvedl, analogové obvody jsou jištěna dle odběru vstupní karty deklarované výrobce. Tak i vstupní a výstupní karty PLC i samotné PLC a CP karty jsou jištěny stejným způsobem. Reléové, SSR a ostatní silové obvody mají taktéž samostatné jištění, vždy s proudovou hodnotou pro daný napájecí výstupní okruh.



Obr. 31 – Část rozvaděče, jištění silových obvodů a DC části.

## 5.2 Rozdělení silových obvodů rozvaděče RM1\_PLC ŘS

Silnoproudá část rozvaděče je důležitou a nedílnou součástí PLC ŘS. Zde bylo důležité se zaměřit na spínání výkonových obvodů a jejich dimenzování jak proudové, tepelné tak i z pohledu vhodnosti umístění v rozvaděči.

Silová část je rozdělaná do dvou základních oblastí a to se spínacím proudem do 6A a do 16A. Pro odběry do 6A jsou použity okruhy pro spínání pohonů servomotorů, elektrotermických ventilů, čerpadel a ventilátorů. Zde se spínací proud pohybuje od 50mA do 0,5A. Z hlediska dimenzování těchto spínacích relé je to velice dostačující. Další výhodou těchto relé je umístění páčkového přepínače funkce přímo v reléovém modulu, který nám umožní při oživování tak i při odladování si každý okruh zapnout bez aktivního výstupu PLC viz Obr. 33.



Obr. 32 – Spínací výkonová část výstupů PLC (SSR, relé).



Obr. 33 – Spínací reléové jednotky s volbou funkce.

### 5.3 Složení PLC a popis rozšiřovacích modulů

Většina řídicích systémů s PLC disponuje mnoha konfigurovatelnými vstupy a výstupy. I v tomto případě u zvoleného PLC Siemens si můžeme nakonfigurovat celou sestavu dle požadavků na řízenou soustavu, snímače a aktuátory.

Byla zvolena levnější varianta PLC siemens S7-300 s CPU-314. Tento typ PLC disponuje pouze MPI rozhraním pro monitoring a zobrazování dat. Pro malé ŘS, které nemají daleko snímače a aktuátory (cca do 15m) těm tento typ komunikace vyhovuje, hlavně tím, že veškeré prvky jdou soustředěny do jednoho rozvaděče. V tomto případě je ŘS velice rozsáhlý a to i přes 100m vzdálenosti od snímačů a aktuátorů. To mělo za následek rozšířit PLC o další komunikační karty a to o CP profibusovou kartu pro vzdálené klienty WAGO pro sběr dat. Dále pak o CP kartu pro ethernetové připojení z důvodu dálkové správy, vizualizace a monitoringu PLC. Ostatní vstupní digitální karty jsou ve verzi pro napájení a vstupní logické napětí 24VDC. Analogové karty jsou taktéž s napájením 24VDC a vstupním konfigurovatelným rozsahem 70mV, 0-10VDC, 0-1V, 0-20mA, 4-20mA. V našem ŘS je většina hodnot ze snímačů fyzikálních veličin převedena na unifikovaný signál proudové smyčky 4-20mA a to hlavně z důvodů poruchové diagnostiky. Sestavenou sadu ŘS s PLC a ostatními moduly je patrné z Obr. 34, a v příloze na CD.



Obr. 34 – Sestava v rozvaděči RM1\_PLC ŘS.

PLC S7-300 s CPU314 je svými funkcemi klasickým programovatelným automatem použitelným na jakýkoliv průměrný ŘS. Je určen pro realizaci rozmanitých automatizačních úloh středního rozsahu. Poskytuje univerzální automatizační platformu pro systémová řešení s hlavním důrazem na řízenou technologii. Jádrem řídicího systému řady S7-300 je jednotka CPU, která zpracovává uživatelský program. Základní parametry CPU, jsou v Tabulka 8.



PLC obsahuje:

- Technologické funkce (např. vysokorychlostní čítání, zpětnovazební řízení, motion control, apod.).
- Rychlejší zpracování instrukcí.
- MMC paměťová karta pro jednodušší údržbu či opravy PLC – program je možno zálohovat přímo v paměti.

Základní Parametry	CPU314
Pracovní paměť	64kB-8MB
Doba vykonání 1k bin instrukcí, min	0,1us
Max. velikost paměti	8MB
Čítače	256
Časovače	256
Počet digitálních IN/OUT	Max. 1016
Počet analogových IN/OUT	Max. 253
Síťové možnosti	MPI, AS-interface, PPI, Profibus, Ind. Ethernet
Real time clock	Integrovan



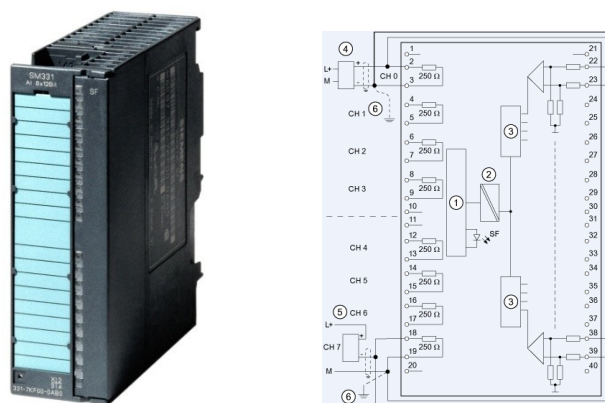
Tabulka 8 – Parametry PLC.

Obr. 35 – PLC Siemens s CPU-314 (1)

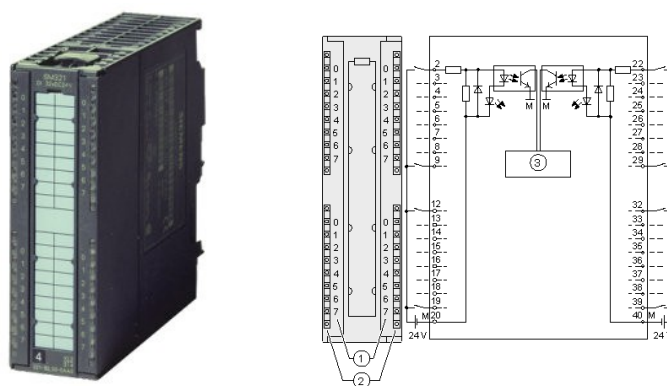
Rozšiřující moduly pro připojení k externím signálům jsou použity jak pro analogové tak pro digitální signály. Sestava obsahuje dva moduly pro analogové vstupy a to 2x 8AI. Pro digitální úroveň jsou použity 1x 16 IN a 1x16 OUT pro napětovou hladinu 24VDC s proudovým zatížením výstupů 0,5A (otevřený kolektor). Popis základních parametrů modulů jsou v Tabulka 9.

Základní Parametry	SM331	SM321	SM322
Napájecí napětí	20-28VDC	20-28VDC	20-28VDC
Rychlost In / Out	5Hz	2Hz	2Hz
Proudové zatížení Out	x	x	0,5A
Počet In/ Out	8	16	16
Konfigurace	U/I	x	x
HW diagnostika	Integrovaná	Integrovaná	Integrovaná

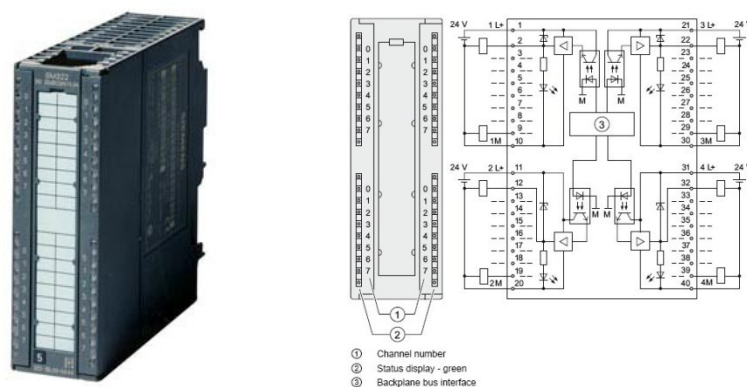
Tabulka 9 – Parametry přídavných modulů Siemens.



Obr. 36 – Modul Analogový vstupů SM331/8xAI/12Bit a vnitřní zapojení. (1)



Obr. 37 – Modul digitálních vstupů 16xDI 24VDC a vnitřní zapojení. (1)



Obr. 38 - Modul digitálních výstupů SM322 16xDO 24VDC. (1)

Podrobnější parametry a přesné zapojení rozšiřujících karet pro PLC Siemens S7-300 včetně katalogových listů jsou na příloženém CD na konci DP.

## 5.4 Komunikační připojení Profibus

Komunikační modul CP-342-5 Profibus slouží k rozšíření síťového připojení periferií a komunikací PLC s okolními DP klienty WAGO sloužící ke sběru dat ze vzdálených míst. Připojení se řídí standardem Profibus protokolu na RS-485 half pas. Tento rozšiřující modul je nastaven na síti profibus jako master. Na vstup profibus je možno připojit až 128 DP Slave klientů pro rozšířené PLC o In/Out. V našem případě je prozatím používáno pouze 3DP klientů WAGO v provozu slave. Celá Profibus síť se dá plně rozšiřovat dle požadavků aplikace.



Obr. 39 - Rozšiřující CP modul o síť Profibus. (1)



Obr. 40 – Rozšiřující CP modul o síť Ethernet. (1)

Pro komunikaci s okolním světem tedy pro zasíťování do sítě Ethernet nám slouží CP modul CP-343-1 Lean. Tento modul je využíván především k programování PLC a následnou komunikaci s vizualizací, logování dat na PC platformě a vzdálenou správou systému. Modul obsahuje dva RJ45 konektory pro zapojení do Ethernet sítě.

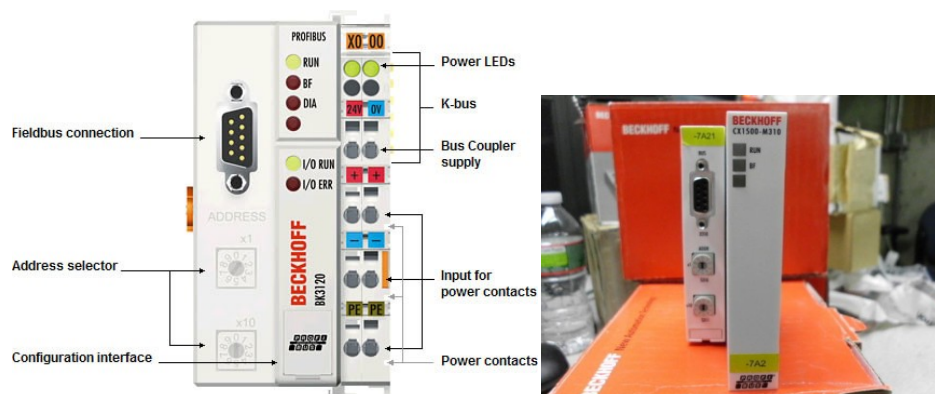
## 5.5 DP Slave, vzdálení klienti pro sběr dat

Jak již bylo mnohokrát zmíněno u středních ŘS a třeba i v domácí automatizaci je někdy zapotřebí, zajistit sběr dat ze vzdálenějších míst. Siemens vyrábí mnoho jednotek pro síť profibus a ethernet, kterou pro realizaci tohoto sběru používáme. Bohužel jednotky typu DP Profibus od siemensu jsou velice drahé. Pro naše účely postačí jakákoliv DP jednotka Profibus, které splňuje tento protokol. Je úplně jedno jaký to bude výrobce Beckhoff, Wago, Vipa, Softec atd. všechny budou po přiřazení do ŘS plně fungovat. V tabulce níže je porovnání DP modulů různých výrobců.

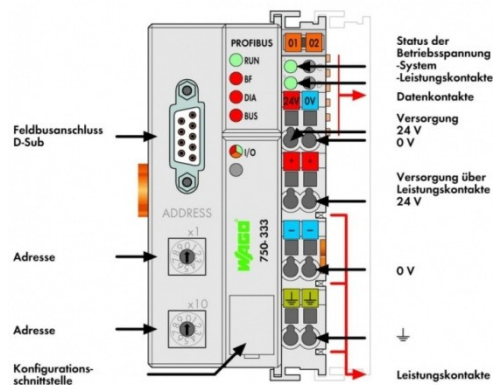
Základní Parametry	Siemens ET200S	Beckhoff CX1500-310	Wago 750- 333
Napájecí napětí	20-28VDC	20-28VDC	20-28VDC
Rychlost	9.6 kbaud...12 Mbaud	9.6 kbaud...12 Mbaud	9.6 kbaud...12 Mbaud
Počet rozšiřovacích modulů max.	max. 255 byte input/255 byte output	max. 244 byte input/244 byte output	max. 128 byte input/128 byte output

<b>Moduly AI/Q</b>	SM-331/332	CX	750-452
<b>Moduly DI/DO</b>	SM-321/322	EL1242	750-402-6
<b>Profibus</b>	PROFIBUS DP, DP-V1, DP-V2	PROFIBUS DP, DP-V1, DP-V2 (MC)	PROFIBUS DP, DP-V1, DP-V2
<b>Max slave DP</b>	max. 128 slaves	max. 125 slaves	max. 64 slaves
<b>Příkon</b>	5W	1,8W	1.4W
<b>Cena</b>	5219,-	6490,-	1990,-

Tabulka 10 – Parametry DP modulů.



Obr. 41 - Profibusový slave modul výrobce Beckhoff CX1500-m310. (13)



Obr. 42 – Profibusový slave modul firmy Wago 750-333. (4)





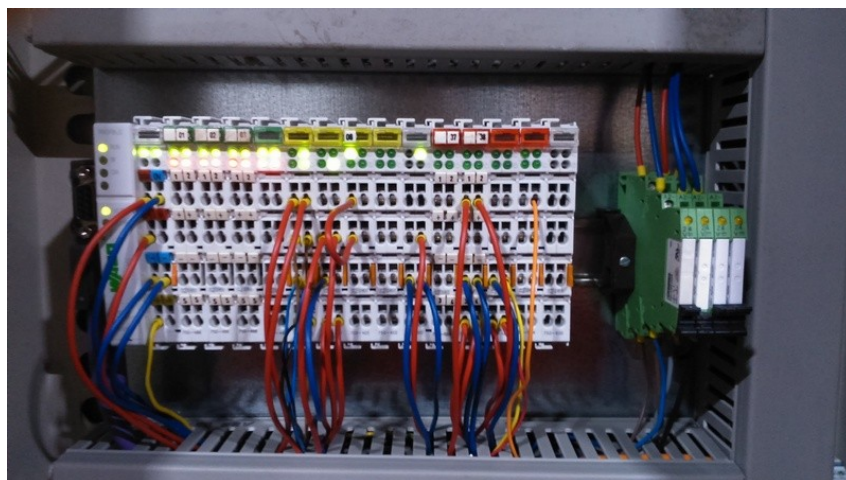
Obr. 43 – Profibusový slave modul Siemens ET-200. (1)

Z tabulky vyplývá, že postačí nejjednodušší komponenty od firmy WAGO. Tyto komponenty jsou velice nenáročné na instalaci, pracovní prostředí a příkon energie. Jsou plně kompatibilní s prvky podobných výrobců jako je např. Beckhoff. Analogové, digitální a jiné druhy rozšiřujících modulů jsou na trhu s automatizací velice levné oproti výrobkům Siemens.

Všichni výrobci DP modulů se snaží do jedné karty zakomponovat co nejvíce ochranných prvků vždy daného vstupu či výstupu. To se týká i počtu In/Out na modulech. Bohužel do základních modulů se vejde max. 2-4 DI/DO nebo 1-2AI/AQ. Vůči velikosti a ceně modulů je to plně dostačující. Tito výrobci nedodávají ke svým DP pouze vstupy a výstupy, ale nabízí celou velkou škálu různých rozhraních, PLC, wireless modulů atd. vše je možno dohledat na stránkách výrobce nebo přiloženém CD.

## 5. Zapojení a popis rozvaděč RM2\_DP10

V předchozích kapitolách bylo zmiňováno, z důvodů ztrát na vedení a přespřílišné délky přívodních kabelů použití vzdáleného klienta na Profibus síti pro sběr vzdálených dat. Tento klient sbírá data pro hlavní PLC ŘS. V tomto případě bylo vybráno zařízení od firmy Wago. DP stanice je rozšiřitelná o mnoho dalších modulů. DP slouží ke sběru dat z části kotelny. Ostatních DP slave klientů je použito pro řízení vodárny, která je umístěna na druhém konci pozemku RD. V budoucnu se bude nadále rozšiřovat Profibusová síť o další DP slave klienty, kteří budou řídit malou ostrovní fotovoltaickou elektrárnu a přístupovou část do RD. Na obrázku Obr. 44 je patrné složení DP stanice. Ostatní podrobná dokumentace je na přiloženém CD.

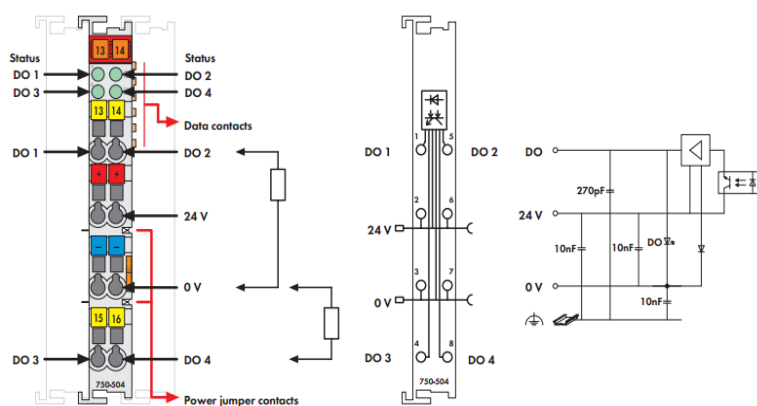


Obr. 44 – Wago DP\_10 slave pro sběr dat v části kotelny.

## 6.1 Parametry DP slave modulů.

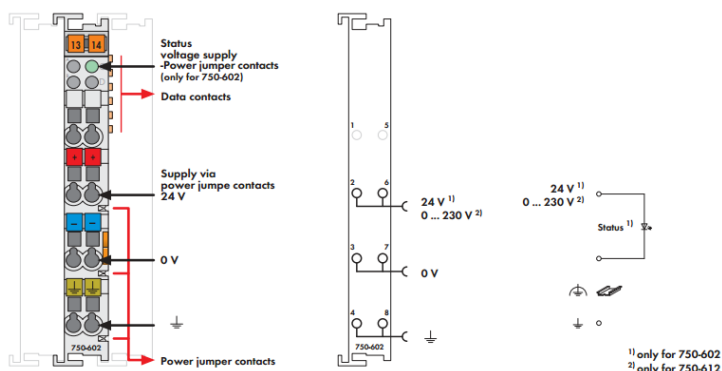
Tato kapitola se zabývá základními parametry vybraných DP modulů pro vzdálenou komunikaci a sběr dat pro PLC ŘS. V minulé části kapitoly jsem se zmínil o tom, že DP slave stanice nebude do budoucna jen jedna. Všechny DP slave profibus moduly mají k sobě nasazený přídavný snímací modul pro sběr analogových a digitálních dat z ovládaného systému. Tyto moduly musí být přesně nakonfigurovány v SW STEP 7 v části HW konfiguraci. Při nepřesné konfiguraci se DP stanice odpojí a vyhlásí poruchu do vizualizace systému.

Na Obr. 45 je WAGO modul se základními parametry digitálního výstupu. Tento typ byl vybrán na základě dostatečného proudového zatížení výstupu, vlastního příkonu, hladiny výstupního napětí a chráněných výstupů proti zkratu. Vlastní příkon modulu je pouze 5-7W při 24VDC, výstupní proud pro jednotlivý výstup je 0,5A při 24VDC, rychlost spínání až 1kHz. Modul obsahuje i LED indikaci sepnutého příslušného výstupu. Pro řazení těchto karet za sebou je použit geniální zásuvný systém WAGO a tím pádem, lze moduly měnit i bez rozebrání, tedy za chodu DP. Všechny druhy modulů jsou řízeny a napájeny z DP slave po vnitřní 6 pinové sběrnici. Při použití více výstupních modulů je nutné díky proudovému dimenzování použít pasivní modul externího napájení viz.: Obr. 46



Základní Parametry	WAGO 750/504
Napájecí napětí	20-28VDC
Příkon modulu	7mA
Příkon In	10mA/vstup
Počet In	4
Připojení	Wago 2,5mm
HW diagnostika	ano
Provedení	IP45

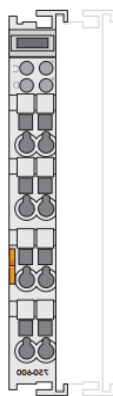
Obr. 45 – Rozšiřující modul vstupů Wago750/504. (4)



Základní Parametry	WAGO 750/602
Napájecí napětí	20-28VDC
Příkon modulu	2mA
Příkon In	x
Proud Out	DC10A
Počet In	2
Připojení	Wago 2,5mm
HW diagnostika	ne
Provedení	IP45

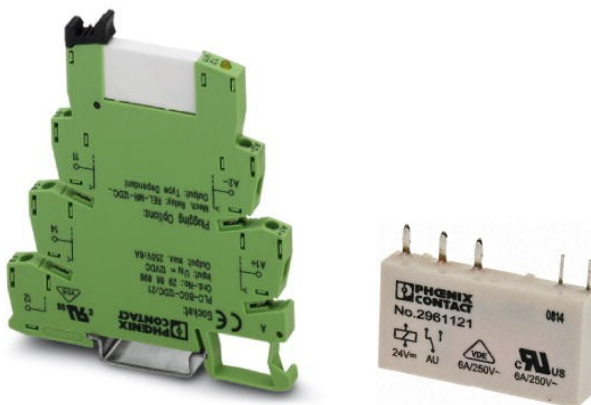
Obr. 46 – Napájecí pasivní modul WAGO 750-602. (4)

Každá DP stanice obsahuje digitální a analogové vstupy. Výrobce WAGO vyrábí mnoho analogových a digitálních modulů. V tomto případě bylo přihlédnuto k typům použitých snímačů a převodníků analogových tak digitálních. V systému řízení jsou použity analogové snímače s proudovým výstupem 4-20mA z důvodů popsaných již výše a digitálních snímačů poloh s 24VDC výstupem. Níže na obrázcích jsou vyobrazeny moduly AI a DI použité u DP WAGO. Výrobce zdůrazňuje přesnou hardwarovou konfiguraci těchto modulů. Bohužel moduly nelze do racku zasunout nesousledně. Tento systém má přesná pravidla. Jako první v pořadí za DP profibus modulem musí být zapojeny analogové vstupy, následně analogové výstupy. Dále pak digitální vstupy a dle počtu výstupů musí být vřazen pasivní napájecí modul výstupů 750-602 a to do maximálního zatížení modulu. Modul 750-602 může napájet až 5 modulů digitálních výstupů 750-504 s max. zatížením 10A při 24VDC. Zakončení každé DP sestavy WAGO musí být ukončeno End modulem 750-600 pro zakončení komunikační sběrnice modulů viz.: Obr. 47.



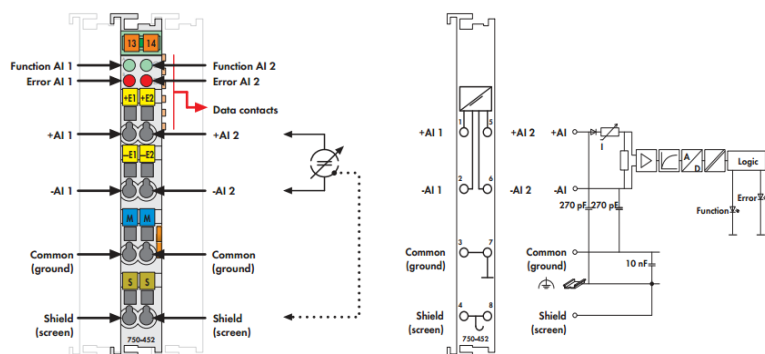
Obr. 47 – Bus End modul pro zakončení 750-600. (4)

Jednou z možností bylo použití modulů s výstupním napětím 230VAC. V tomto projektu bylo z bezpečnostních důvodů, ochrany výstupů a zachování plné funkčnosti DP slave použito pro posílení jak napěťového tak proudové hodnoty výstupu relé Phoenix Kontakt PLC-BSC-24DC/21 s možným zatížením kontaktu 6A při 230VAC viz.: Obr. 48



Obr. 48 – Montážní patice a relé Phoenix Kontakt. (14)

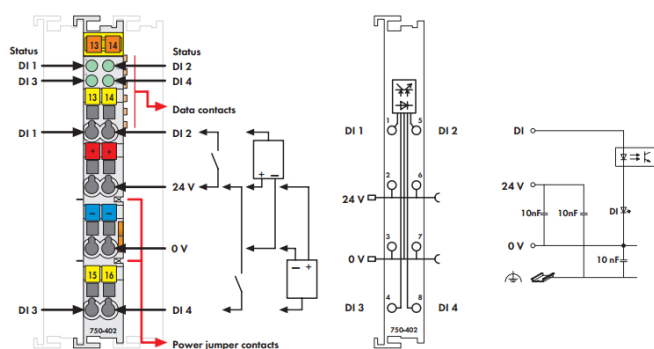
Pro připojení analogových signálů bylo použito modulů WAGO 750-452 se vstupním proudem 4-20mA. I zde byly zohledněny výše uvedené parametry výběru. Ochrana vstupu při zkratu, diagnostiky, životnost, linearita, bitová hodnota převodu atd.



Základní Parametry	WAGO 750/452
Napájecí napětí	20-28VDC
Příkon modulu	70mA
Vstupní odpor	220Ω
Proud In	4-20mA
Počet In	2
Připojení	Wago2,5mm
HW diagnostika	ano
Rozlišení	12bit
Rychlost převodu	2ms

Obr. 49 – Analogový modul WAGO 750-452 s 2x AI 4-20mA diff. (4)

Pro připojení digitálních signálů je použito modulů WAGO 750-402 se vstupním napětím 24VDC. Zde též byly zohledněny parametry modulu pro tuto aplikaci.



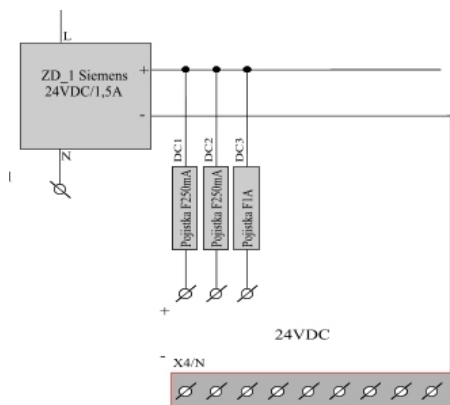
Základní Parametry	WAGO 750/402
Napájecí napětí	20-28VDC
Příkon modulu	7,5mA
Příkon In	4mA/vstup
Počet In	4
Připojení	Wago 2,5mm
Log „0“/„1“	-3 - 5V / 15-30V
Provedení	IP45
Filtr	3.0ms

Obr. 50 – Digitální vstupní modul 4x DI WAGO750-402. (4)

Podrobnější parametry a přesné zapojení rozšiřujících karet WAGO 750 včetně katalogových listů jsou na příloženém CD na konce DP.

## 6.2 Napájení a jištění rozvaděče WAGO RM2\_DP10 slave.

Napájení a jištění modulů Wago je vhodné si patřičně rozdělit do sekcí úplně stejně, jak bylo popsáno u hlavního PLC v rozvaděči RM1\_PLC. Okruhy byly rozděleny na napájení DP slave, digitální výstupy a okruh napájení 230VAC. Pro zachování funkčnosti při výpadcích napájení je DP slave a výstupy DO zálohovány z centrální UPS od ŘS z rozvaděče RM1\_PLC.



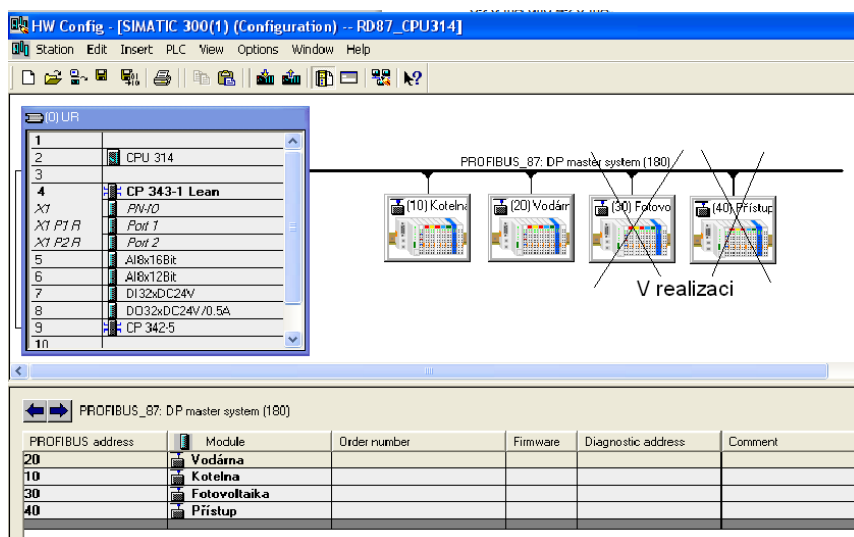
Obr. 51 – Část napájení 24VDC RM2\_DP10.

## 6. Konfigurace a rozvod sítí Profibus a Ethernet

Každé řídicí PLC je samo o sobě zařízení k ničemu. Zde již záleží na uživateli, jak je použije a jaký řídicí program napíše do paměti PLC.

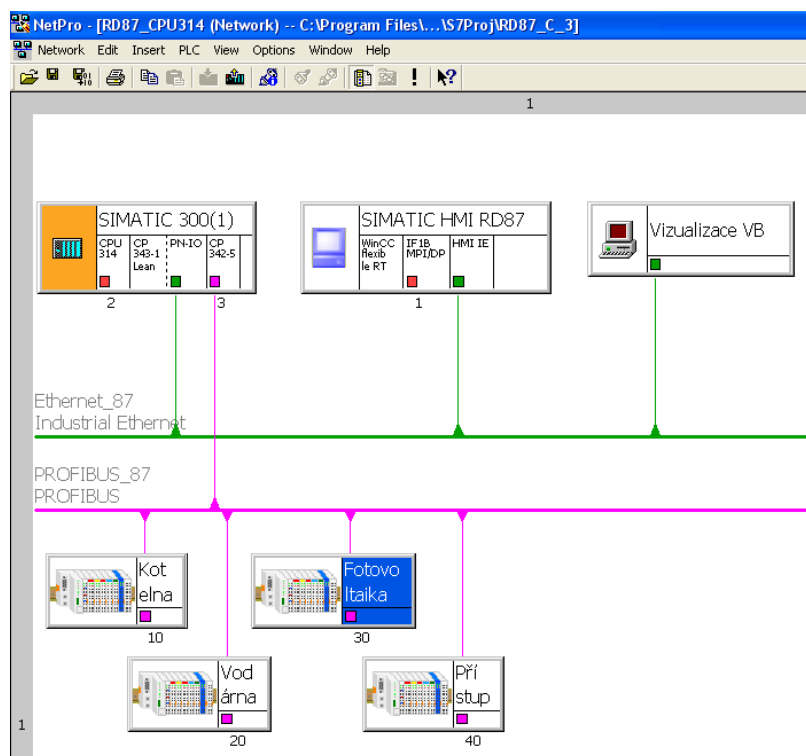
V tomto případě, bylo pro kompletní konfiguraci a vývoj řídicího programu použit dodávaný a výrobcem vyvinutý software STEP7 v5.5. Zde lze nakonfigurovat kompletní hardwarovou konfiguraci PLC a příslušných rozšiřujících modulů a externích sítí, jak pro DP WAGO tak Ethernet a ostatních částí ŘS. Není součástí této DP seznamovat a učit úplně od začátku čitatele programovat PLC Siemens ve STEP7, ale popis vytvořených algoritmů a nutných podmínek pro bezchybný chod ŘS je přiložen v příloze DP.

Na Obr. 52 je vyobrazena konfigurace PLC a sítí Profibus pro DP\_WAGO a Ethernet pro komunikaci s vizualizací ŘS.



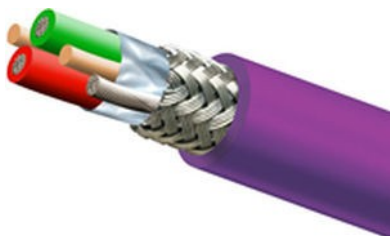
Obr. 52 – HW konfigurace ŘS a sítí Profibus.

Pro další komunikaci s vizualizací vytvořenou ve Visual Basicu a vzdálenou správou ŘS je použit modul Ethernetového rozhraní Siemens CP343-1 Lean. Na Obr. 53 je patrné celkové síťové vyobrazení ŘS.



Obr. 53 – Vyobrazení zapojení sítě ŘS ve Step7 část NetPro.

Jak patrné z projektu jsou použity dvě komunikační sítě. U sítě Profibus na propojení bylo použito profi kabelu Profibus® DP na propojení linek RS-485 u externích DP klientů viz.: Obr. 54 Každý konec kabelu musí být opatřen Canon konektorem Profibus a musí být vždy na konci vedení použit terminovací rezistor k zakončení linky RS-485. Tento terminovací rezistor je již zakomponován v konektoru připojení na, kterém je lze sepnout či rozepnout viz.: Obr. 54/4



Obr. 54 – Profibus kabel Profibus® DP(1)



Obr. 55 – Profibus konektor průchozí(1)

## 7.1 Algoritmy a podmínky řízení

Než byla započata tvorba řídicí aplikace, bylo nutno si sepsat a upřesnit veškeré návaznosti a pravidla, pro kompletní ŘS.

V tomto případě se to týkalo všech ovládaných zařízení a to jak zplynovacího kotle Atmos, akumulčního zásobníku 3000 litrů, zásobníku TUV 160 litrů, podlahového topení s 8 okruhy, 9 těles radiátorového topení, snímačů, aktuátorů a ostatních celků, které jsou na DP slaveWago daleko od PLC na druhém konci pozemku RD. Na Obr. 27 výše je schematické znázornění použitých zařízení v projektu vytápění RD. Na výkresu najdeme veškeré použité snímače, aktuátory, zařízení topné soustavy, rozvaděče a komunikaci.

Bylo velice nutné dbát na veškeré návaznosti velký zřetel, projekt ŘS pro RD musí být plně automatizovaný a precizně odladěný, aby nemusela obsluha denně zasahovat do algoritmů řízení. Většinou obsluha o takovém řízení vůbec neví a ani je nezajímá, jak to celé funguje. Plně postačí pouze vizualizace, která informuje uživatele co je potřeba udělat. Obsluha pak sama zhodnotí stav situace a upraví si parametry sama ve vizualizaci. Každá taková vizualizace by neměla být na první pohled v základním screenu velice složitá a nepřehledná. Dnešní uživatel si potrpí na tzv.: „user-friendly“ neboli uživatelsky přirozenou vizualizaci ŘS.

Bylo důležité mít celý ŘS pod neustálou zálohou UPS zdrojem s výkonem alespoň 1000VA. Hlavně pro případy vytápění soustavy do akumulčních zásobníků. V tomto systému vytápění není příliš vhodný výpadek elektrické energie. Výkon zplynovací kotle Atmos nejde v krátké době snížit na minimum.

Na dalších obrázcích budou již rozebrány algoritmy, návaznosti a podmínky řízení celé soustavy. 90% podmínek pro daný úsek soustavy je samostatně plně funkční. Zbýlých 10% podmínek jsou návaznosti mezi jednotlivými celky soustavy. Celky v PLC jsou rozděleny na okruhy viz.:Obr. 56. Není účelem DP se dopodrobna zabývat programováním, pouze si vysvětlíme ve vývojovém diagramu jak, a která část řízení má návaznosti a podmínky v ŘS, aby byla plně funkční.

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me...	Type	Version
System data	---	---	---	SDB	---
OB1	---	FBD	906	Organization Block	0.1
OB35	CYKL_BLOK_TEMP	FBD	2458	Organization Block	0.1
OB82	I/O_FLT1	STL	70	Organization Block	0.1
OB100	COMPLETE_RESTART	STL	70	Organization Block	0.1
OB121	PROG_ERR	STL	38	Organization Block	0.1
FB1	RIZENI_TUV	FBD	252	Function Block	0.1
FB2	RIZENI_RADIATORY	FBD	870	Function Block	0.1
FB3	RIZENI_PODLAHOVKY	FBD	230	Function Block	0.1
FB4	CASOVACE_A_WERMA	FBD	2268	Function Block	0.1
FB5	RIZENI_ATMOS_DC22S	FBD	896	Function Block	0.1
FB6	MERENI_PRIKONU_RD	FBD	506	Function Block	0.1
FB7	RIZENI_VODARNA	FBD	70	Function Block	0.1
FB11	EKVITERM_VYPOCET	FBD	400	Function Block	0.1
FB42	PID_ALL	SCL	1734	Function Block	1.5
FC1	DP_SEND	STL	886	Function	3.0
FC2	DP_RECV	STL	950	Function	3.0
FC4	SERVO_AKUM	FBD	82	Function	0.1
FC105	SCALE_ANALOGU	STL	244	Function	2.1
FC106	UNSCALE_ANALOGU	STL	324	Function	2.0
DB1	DATA_MERENI_P	DB	42	Data Block	0.1
DB2	PID_ATMOS	DB	126	Instance data block ...	0.0
DB4	DATA_TUV	DB	80	Data Block	0.1
DB5	DATA_RADIATORY	DB	170	Data Block	0.1
DB6	DATA_CASOVACE	DB	44	Data Block	0.1
DB7	DATA_PODLAHOVKY	DB	112	Data Block	0.1
DB8	DATA_ATMOS	DB	108	Data Block	0.1
DB9	PID_PODLAHOVKY	DB	126	Instance data block ...	0.0
DB10	HODINY_PLC_VERMA	DB	60	Data Block	0.1
DB11	EKVITERM_RADITORY	DB	64	Instance data block ...	0.0
DB12	EKVITERM_PODLAHOVKY	DB	64	Instance data block ...	0.0
DB13	PID_RADIATOR	DB	126	Instance data block ...	0.0
DB100	IN_DP10_KOTELNA	DB	84	Data Block	0.1
DB101	OUT_DP10_KOTELNA	DB	46	Data Block	0.1
DB110	DATA_VODARNA	DB	60	Data Block	0.1
VAT_ODLAĐENÍ	VAT_ODLAĐENÍ	---	---	Variable Table	0.1
SFC1	READ_CLK	STL	---	System function	1.0
SFC46	STP	STL	---	System function	1.0
SFC58	WR_REC	STL	---	System function	1.0
SFC59	RD_REC	STL	---	System function	1.0

Obr. 56 – Seznam okruhů řízení v PLC.

## 7.2 Algoritmus chodu TUV

U zařízení k uchování a ohřevu teplé užitkové vody byl brán zřetel hned na několik podmínek, za jakých TUV ohřev může začít a na kolik stupňů celsia lze ohřívat vodu z hlediska bezpečnosti uživatelů a ekonomiky chodu v domácnosti. Do podmínek bylo zahrnuto:

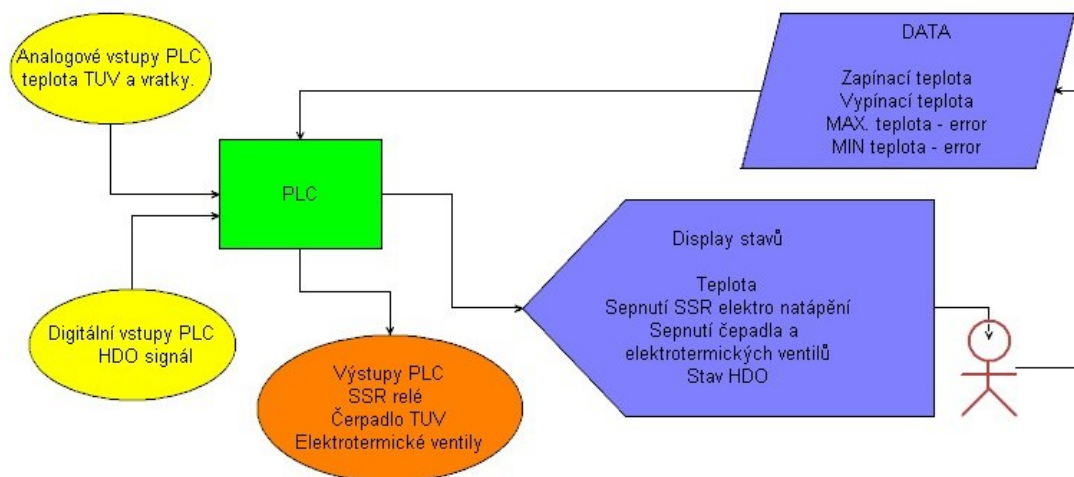
- Minimální teplota v akumulčním zásobníku vody pro ohřev duplikací.
- Maximální vypínací teploty TUV vody.
- Havarijní maximální teploty TUV vody.
- Havarijní minimální teploty TUV vody.
- Teplota vratné vody z TUV při ohřevu duplikací – míchání obsahu AKUM zásobníku.
- Levná sazba elektrické energie (stav HDO) při ohřevu topným tělesem.
- Tlak topné vody soustavy nad 30kPa.
- Nastavení způsobu chodu z vizualizace.

Nahřívání vody v zásobníku TUV započne, jakmile jsou splněny požadavky chodu. Pokud je teplota v AKUM zásobnících o 5 stupňů vyšší než v TUV a zároveň je povolen ve vizualizaci tento druh chodu ohřevu, otevře se elektrotermický ventil a zapne se čerpadlo z AKUM do TUV. Zároveň je sledována vratná voda z TUV při nahřívání pro rozdělení vratné vody do AKUM zásobníku. Při ohřevu se teplota vratné vody mění a to způsobuje zbytečné promíchání navrstvené vody v AKUM zásobníku. Proto byly na vratce z TUV nainstalovány 3 elektrotermické ventily, které přepínají vratnou vodu dle teploty do 3 úrovní akumulční nádoby. Tímto způsobem se z části eliminuje promíchání navrstvené vody v zásobníku a lepšímu využití akumulovaného tepla. Při nižší teplotě



vody v AKUM zásobníku než TUV, levné sazby elektrické energie a jeli tato možnost povolena ve vizualizaci viz.:Obr. 58. Sepne PLC výkonové SSR relé elektrickou energii pro topného těleso zabudované v TUV zásobníku.

Kompletní řídicí program k regulaci TUV je na přiloženém na CD ke konci diplomové práce.



Obr. 57 – Blokové schéma řízení TUV.



Obr. 58 – Nastavení nahřívání TUV.

### 7.3 Algoritmus chodu okruhu radiátorového topení

Snižování energetické náročnosti budov je již delší dobu velmi aktuální téma. Většina výzkumu se soustředí na konstrukci budov, použité materiály nebo využití alternativních zdrojů energie. Zde bude popsáno ekvitermní řízení topné vody pomocí PID. Do budoucna bude počítáno s malou úpravou algoritmu a přidáním prediktivního řízení vytápění. Otopná soustava v RD vykazuje parametry statické soustavy. Výstupní veličina mění svoji hodnotu a po určitém čase se ustálí na nové hodnotě, kde setrvává, pokud není donucena tento stav změnit.

U okruhu pro radiátorové vytápění objektu RD bylo použito mnohem více výpočtů než podmínek chodu. Topná voda je nasávána čerpadlem z AKUM nádrže a regulována třicestným směšovacím ventilem. Pohon ventilu zajišťují dva krokové motory pro směr OTV a ZAV. Ovládací napětí bylo zvoleno 24VAC a doba přestavení je 90s. Doba přestavení je velice důležitý parametr pro PID regulaci požadované teploty na výstupu do radiátorů, kterou vypočítal blok ekvitermního výpočtu otopové křivky. Blížeji k výpočtům ekvitermních křivek se dostaneme v následující kapitole. Pro udržení topné vody na vypočtené teplotě bylo zapotřebí mít odladěny všechny údaje potřebné pro PID blok v PLC. Základní vztahy jsou ve Vzorec 1.

PID regulátor je často používaný prvek v automatizaci. Celá problematika regulace je dost obsáhlá, teorie řeší stabilitu systému, kvalitu regulace atd. V zásadě byla dobře vypracována pro lineární spojité systémy, pokud má v systému některý z prvků nelineární závislosti, což je v praxi dost častý případ, stejně je nutné použít nějakou heuristickou metodu nebo číslicový model.

To je popsáno dobře. Alespoň v časové oblasti. Pokud vstup regulátoru označíme jako  $e(t)$ , výstup jako  $u(t)$ , samotný regulátor je pak popsán odezvou:

$$u(t) = K_p \left\{ e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + T_d \frac{de(t)}{dt} \right\}$$

Vzorec 1.

Koeficienty  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  lze určit pomocí Ziegler–Nicholsovy metody.

$$\int_0^t e(\tau) d\tau = T \sum_{k=0}^n e_k; \frac{de(t)}{dt} = \frac{e_n - e_{n-1}}{T}; t = nT$$

$n$  je diskretní krok v čase  $t$ ,  $T$  perioda vzorkování.

$$u_n = K_p \left\{ e_n + K_i \sum_{k=0}^n e_k + K_d (e_n - e_{n-1}) \right\}$$

Je zřejmé, že  $K_i = \frac{T}{T_i}$ ,  $K_d = \frac{T_d}{T}$ . je výpočetně nenáročný, leč má to omezení. Tuto metodu lze použít jen v tom případě, pokud perioda vlastních kmitů soustavy (viz.: Ziegler–Nicholson metoda.)  $T_u$  je daleko větší než perioda vzorkování  $T$ .

#### Ziegler–Nicholsova metoda.

Používá se pro optimální nastavení analogového PID regulátoru. Předpokladem je, že je možné regulovanou soustavu spolu s regulátorem rozkmitat. Měří se tedy na uzavřené smyčce, přičemž koeficient integrální části  $K_i$  a diferenciální části  $K_d$  regulátoru jsou nulové a proporcionální

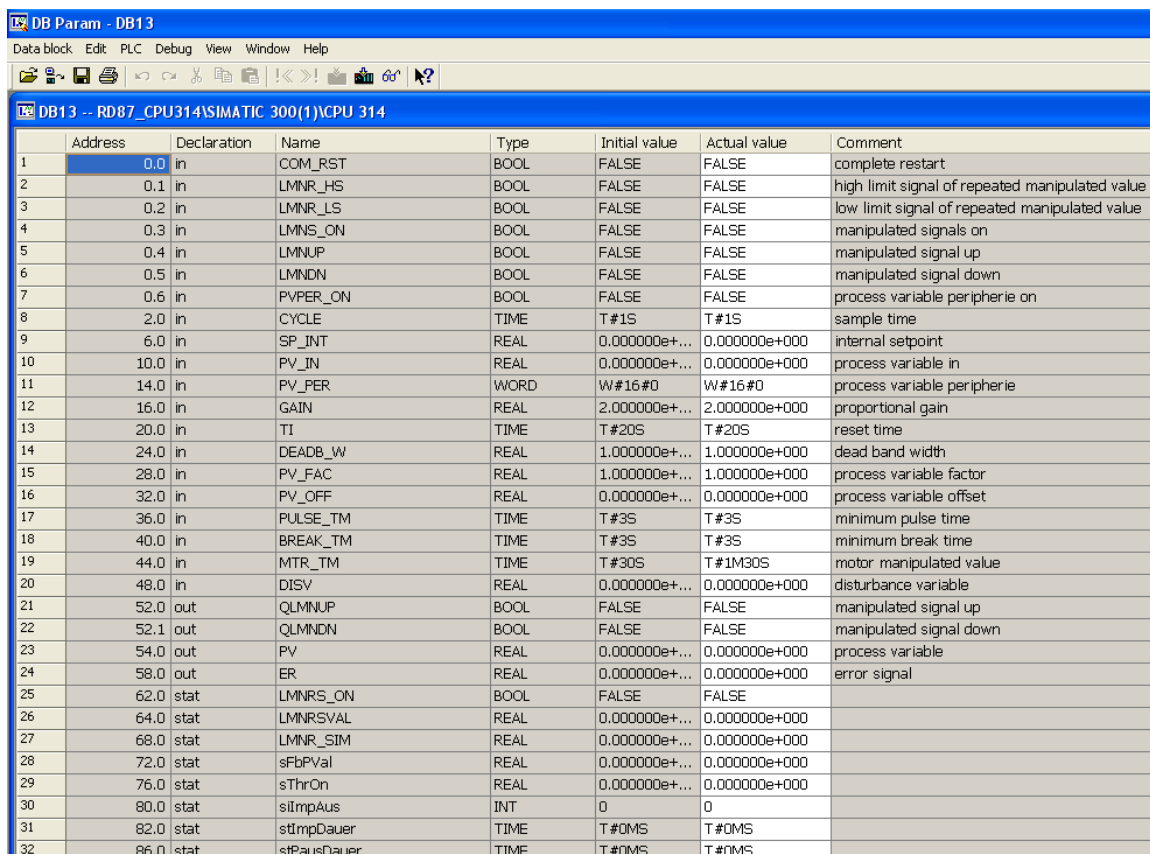
koeficient  $K_p$  se zvětšuje postupně tak, aby systém právě začal neomezeně kmitat. Tímto dostaneme koeficient  $K_u$  a periodu kmitání  $T_u$ . Pak lze vyjít z tabulky koeficientů.

$K_p$  - násobek celkového kritického zesílení

$T_i$  - integrační konstanta

$T_d$  - derivační konstanta

V případě regulace teploty na topné vodě radiátorového okruhu vytápění, kde doba odezvy je dlouhá a překmit v první vlně nepřesáhne 20%. K ustálení soustavy dojde cca do 7-10 minut. Na Obr. 59 jsou již odladěné hodnoty PID pro blok používaný v PLC.



	Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1	0.0	in	COM_RST	BOOL	FALSE	FALSE	complete restart
2	0.1	in	LMNR_HS	BOOL	FALSE	FALSE	high limit signal of repeated manipulated value
3	0.2	in	LMNR_LS	BOOL	FALSE	FALSE	low limit signal of repeated manipulated value
4	0.3	in	LMNS_ON	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signals on
5	0.4	in	LMNUP	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal up
6	0.5	in	LMNDN	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal down
7	0.6	in	PVPER_ON	BOOL	FALSE	FALSE	process variable peripherie on
8	2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample time
9	6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	internal setpoint
10	10.0	in	PV_IN	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	process variable in
11	14.0	in	PV_PER	WORD	W#16#0	W#16#0	process variable peripherie
12	16.0	in	GAIN	REAL	2.000000e+...	2.000000e+000	proportional gain
13	20.0	in	TI	TIME	T#20S	T#20S	reset time
14	24.0	in	DEADB_W	REAL	1.000000e+...	1.000000e+000	dead band width
15	28.0	in	PV_FAC	REAL	1.000000e+...	1.000000e+000	process variable factor
16	32.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	process variable offset
17	36.0	in	PULSE_TM	TIME	T#3S	T#3S	minimum pulse time
18	40.0	in	BREAK_TM	TIME	T#3S	T#3S	minimum break time
19	44.0	in	MTR_TM	TIME	T#30S	T#1M30S	motor manipulated value
20	48.0	in	DISV	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	disturbance variable
21	52.0	out	QLMNUP	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal up
22	52.1	out	QLMNDN	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal down
23	54.0	out	PV	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	process variable
24	58.0	out	ER	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	error signal
25	62.0	stat	LMNRS_ON	BOOL	FALSE	FALSE	
26	64.0	stat	LMNRSVAL	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
27	68.0	stat	LMNR_SIM	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
28	72.0	stat	sFbPVal	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
29	76.0	stat	sThrOn	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
30	80.0	stat	sImpAus	INT	0	0	
31	82.0	stat	stImpDauer	TIME	T#0MS	T#0MS	
32	86.0	stat	stPausDauer	TIME	T#0MS	T#0MS	

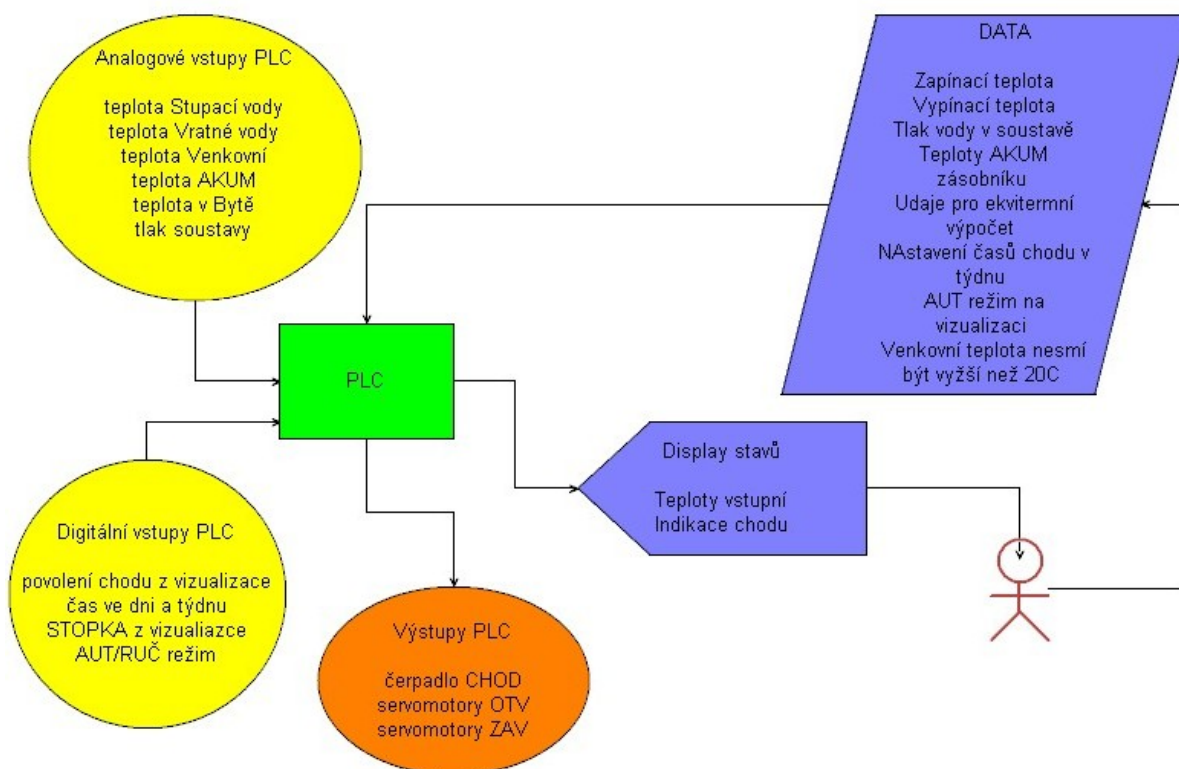
Obr. 59 – Parametry PID bloku regulace topné vody okruhu radiátorového topení.

Dále bude nutné se zmínit o návaznosti a podmínkách na ostatní zařízení používané pro provoz topného okruhu. Veškeré výpočty a regulace se po zadání základních parametrů soustavy provádí plně automaticky. Po splnění všech podmínek chodu okruhu se zapne čerpadlo a PID regulace dle hodnot z ekvitermního výpočtu spustí regulaci pomocí směšovacího ventilu na požadovanou hodnotu. Blokové schéma podmínek je na Obr. 60.

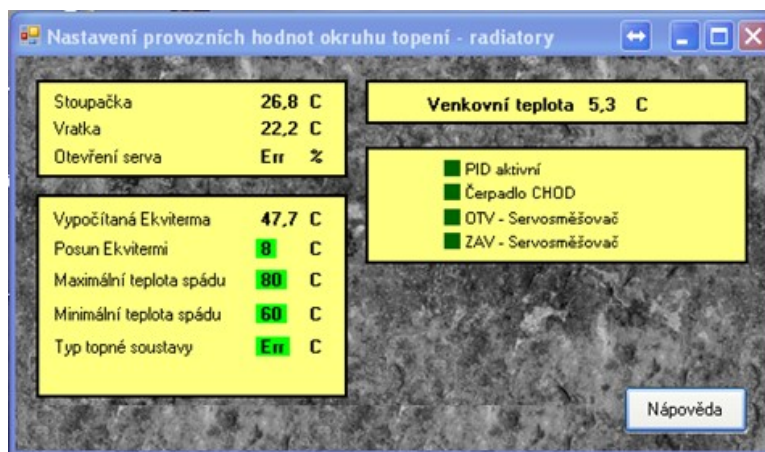
Podmínky chodu:

- Teplota AKUM zásobníku musí být o 5 °C vyšší než vypočítaná teplota na ekvitermní křivce, pokud bude nižší, zapne se automaticky vytápění zásobníku z elektro těles.
- Tlak topné vody soustavy nad 30kPa.
- Požadavek nízké teploty v bytě pro zapnutí radiátorového topení.
- Nastavení správného času topení k danému dni v týdnu.
- Nesmí být přesáhnutá vypínací venkovní teplota nad 20 °C.
- Nesmí být zapnut STOP režim topení z vizualizace.
- Nesmí být spuštěno větrání RD.

Určitě stojí za zmínku, že každé okno vizualizace má svoji vlastní nápovědu ke všem prvkům, které se nacházejí na momentálně aktivním okně vizualizace. Dle této nápovědy se při nesrovnalostech dá mnohým nepřesným nastavením předejít.



Obr. 60 – Blokové schéma topného okruhu radiátorů.



Obr. 61 – Nastavení a indikace chodu okruhu topení – radiatory a parametrů ekvitermního výpočtu.

### 7.3 Výpočet ekvitermní otopové křivky topení

Pro vhodnější využití teplotnosného media uchované v AKUM zásobnících při vytápění bytu radiatory bylo použito ekvitermního výpočtu teploty stoupací vody v tomto okruhu.

Ekvitermní regulace teploty v místnosti spočívá v nastavení teploty topné vody (neboli v regulaci zdroje tepla) v závislosti na venkovní teplotě. Při nižší venkovní teplotě je požadována vyšší teplota dodávané topné vody, aby došlo k rovnováze mezi dodaným teplem a tepelnými ztrátami místnosti a teplota místnosti tak zůstala konstantní. Pro danou místnost lze stanovit soustavu tzv. ekvitermních křivek, které popisují vzájemnou závislost teploty topné vody, místnosti a venkovní teploty. Na základě požadované teploty místnosti lze zvolit určitou křivku a podle venkovní teploty regulovat teplotu topné vody. viz.: vzorec pro výpočet níže.

Jsou dva hlavní důvody pro aplikaci ekvitermní regulace:

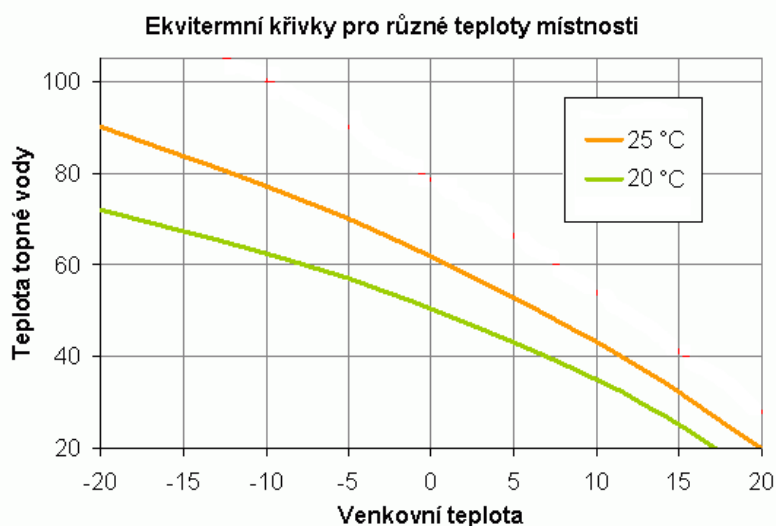
- Větší tepelná pohoda z důvodu potlačení dynamiky (kolísání) teplot v místnosti.
- Úspora energie, kdy není třeba zdroj tepla ohřívat na maximum a vydávat z něj největší výkon ale pouze vydat takový výkon, který stačí k ohřátí místnosti na požadovanou teplotu v závislosti na venkovní teplotě a tepelným ztrátám RD.

Pro výpočet ekvitermní křivky je použit vzorec pro střední teplota teplotnosné látky.

- 
- 
- je vypočítaná teplota pro požadovanou hodnotu (SP) PID bloku.
  - je vnitřní výpočtová teplota RD
  - je maximální teplota přívodu otopné vody
  - je minimální teplota vratky otopné vody ze soustavy
  - je venkovní výpočtová teploty
  - je minimální venkovní výpočtová hodnota
  - $n$  je typ topné soustavy viz.: Tabulka 11

<b>n</b>	podlahová otopná plocha	$n = 1.10$
	desková otopná tělesa	$n = 1.26$ až $1.33$
	trubková koupelňová otopná tělesa	$n = 1.20$ až $1.30$
	tělesa podle DIN 4703	$n = 1.30$
	konvektory	$n = 1.30$ až $1.50$
<i>Při kombinaci více typů otopných těles, uvažujeme <math>n</math> jako průměrnou hodnotu jednotlivých teplotních exponentů.</i>		

Tabulka 11 – Teplotní exponent soustavy.



Graf 1 – Ukázka ekvitermních křivek po výpočtu při simulaci na dvě teploty v bytě.

Celý výpis programových bloků pro výpočet ekvitermních křivek je v příloze na CD.

## 7.4 Algoritmus chodu okruhu podlahového topení

Stejným způsobem i podmínkami jsou řízeny i okruhy podlahového vytápění. Podlahové teplovodní topení nám umožní přesně nastavitelný průběh profilu teplot ve vytápěných prostorech pro každý den. Výškový průběh teplot u teplovodních podlahových topných systémů téměř odpovídá fyziologickému ideálu vytápění. Podlahové topení pro rodinné domy navíc odstraní negativní vlivy klasických topných systémů na vnitřní prostředí v místnosti včetně víření vzduchu, průvanu nebo hromadění tepla u stropu.

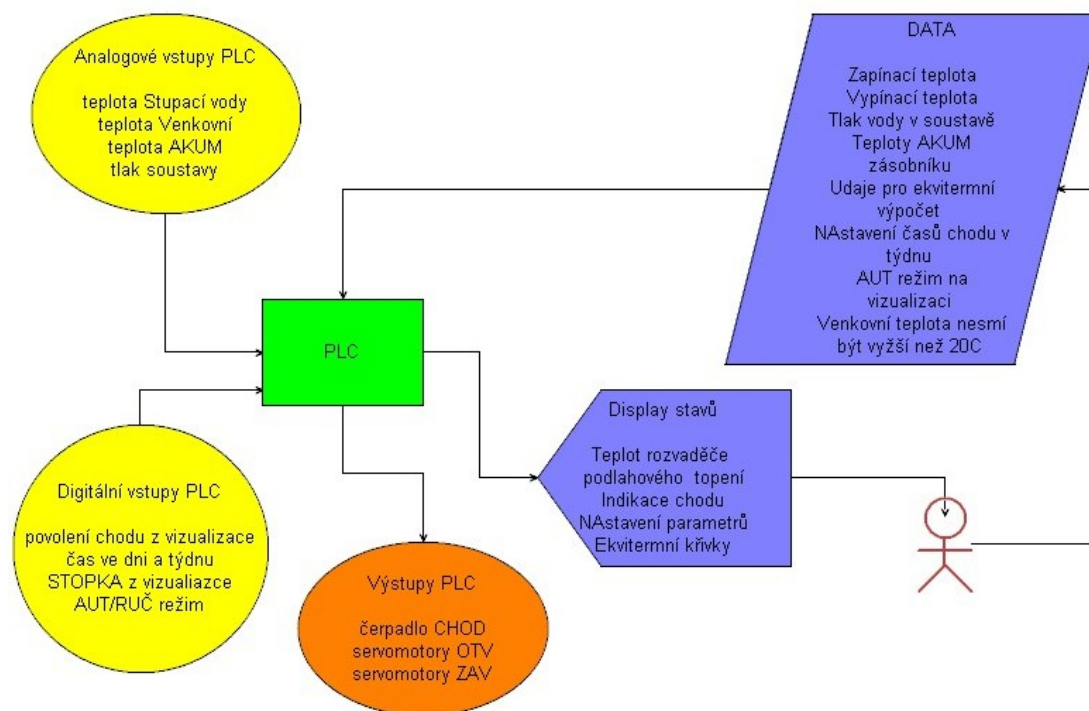
Přenos tepla z podlahy do okolního prostředí a ostatních povrchových ploch byl zajištěn prostřednictvím tepelného sálání. Díky tomu je místnost rovnoměrně vytápěna. Podlaha se sálavým podlahovým topením se na dotek nejeví jako teplá (její teplota je 26-32°C), nicméně nevyvolává pocit chladu, který je typický pro prostředí vytápěná tradičními systémy, a je tudíž možno se bez problémů pohybovat naboso. Při vytápění podlahou také nedochází k cirkulaci vzduchu v místnosti a tím roznosu prachu, jako u vytápění radiátory, kdy teplý vzduch stoupá od tělesa ke stropu, pod kterým proudí, a po ochlazení klesá zpět k podlaze, kde proudí zpět k radiátorům.

Podmínky chodu jsou identické s podmínkami chodu okruhu radiátorového topení v RD.

Podmínky chodu:

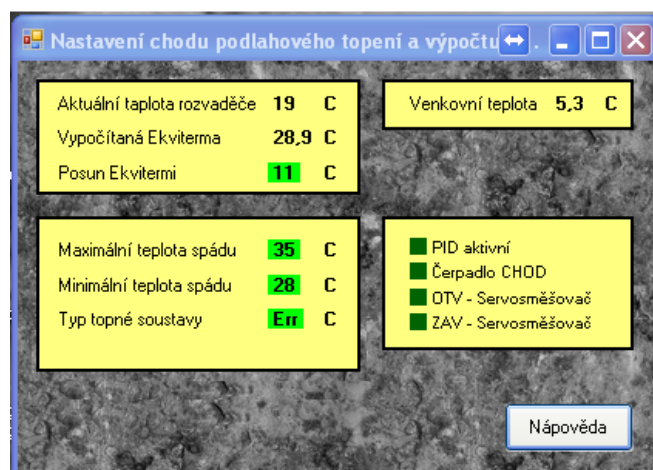
- Teplota AKUM zásobníku musí být o 5 °C vyšší než vypočítaná teplota na ekvitermní křivce, pokud bude nižší zapne se automaticky vytápění zásobníku z elektro těles.
- Tlak topné vody soustavy nad 30kPa.
- Požadavek nízké teploty v bytě pro zapnutí radiátorového topení.
- Nastavení správného času topení k danému dni v týdnu.
- Nesmí být přesáhnutá vypínací venkovní teplota na 20 °C.
- Nesmí být zapnut STOP režim topení z vizualizace.
- Nesmí být spuštěno větrání RD.

Jistě stojí určitě za zmínku, že každé okno vizualizace má svoji vlastní nápovědu ke všem prvkům, které se nacházejí na momentálním aktivním okně vizualizace.



Obr. 62 – Blokové schéma řídicích podmínek chodu podlahového topení.

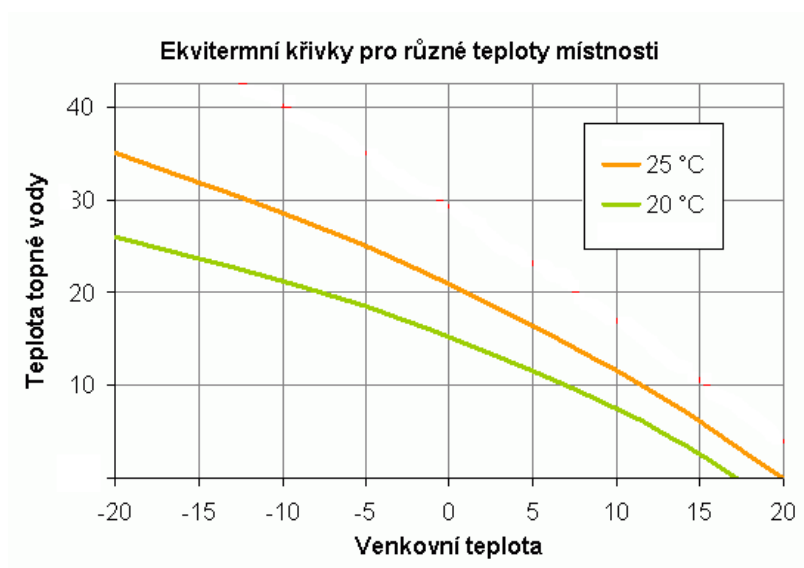




Obr. 63 – Okno pro nastavení chodu podlahového topení a parametrů ekvitermního výpočtu.

### 7.4.1 Výpočet ekvitermní otopové křivky topení

I když teplovodní podlahové topení má nízkou hodnotu teplotního rozdílu na vstupu proti výstupu a nízký rozsah regulované teploty, tak i zde bylo použito ekvitermního výpočtu hodnoty teploty k vytápění. Výpočet bude plně identický jako výpočet ekvitami pro okruh topení s radiátory. Viz.:Kapitola 7.3.2. Jak již bylo napsáno, teplota v teplovodním podlahovém topení se pohybuje od cca 26-32°C. Ekvitermní křivky budou velice podobné viz.:Graf 2.



Graf 2 - Ukázka ekvitermních křivek po výpočtu při simulaci na dvě teploty v bytě.

Celý výpis programových bloků pro výpočet ekvitermních křivek je v příloze na CD.



## 7.5 Algoritmus chodu zplynovacího kotle Atmos

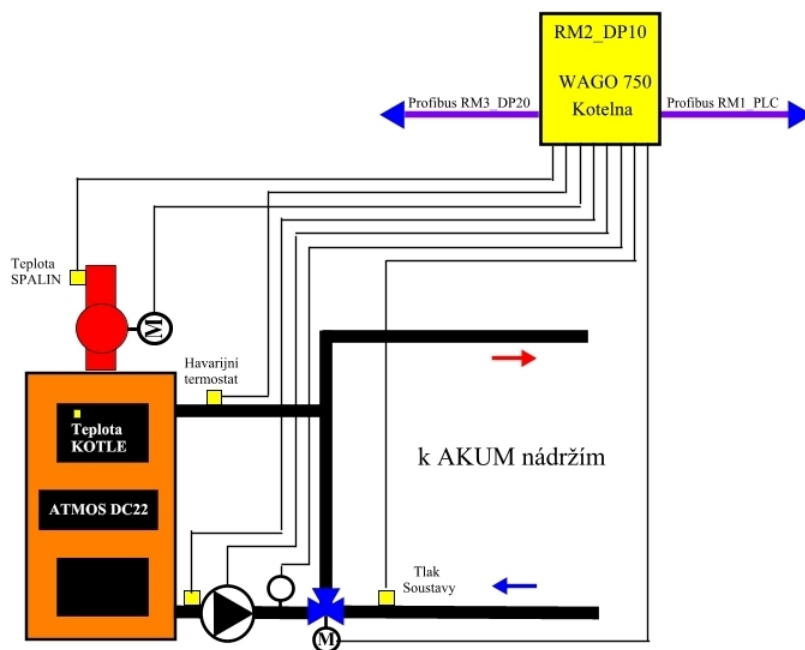
Jednou z velice důležitých zařízení akumulčního vytápění je zdroj tepla. V tomto projektu je použito jako zdroje tepla, zplynovací kotel ATMOS DC22S s odtahovým ventilátorem a účinností až 88%. Tento kotel je českým výrobkem fy Cankar & syn. Jsou konstruovány pro spalování dřeva, na principu generátorového zplynování s použitím odtahového ventilátoru, který odvodu spaliny z kotle viz.:Obr. 64.



Obr. 64 – Zplynovací kotel ATMOS DC22S. (15)

Celý kotel a jeho ostatní části jsou řízeny ŘS a pracuje plně automaticky. Většina hodnot se plynule nastavuje i za chodu kotle v určitém rozsahu a s přednastaveným omezením hodnot. A to z důvodu bezpečnosti a správné funkce kotle. ŘS řídí hned několik regulačních dějů na tomto zařízení. Jedním a důležitým regulačním dějem byla regulace vratné vody do kotle.

Na zajištění minimální teploty ve vratném potrubí, vzhledem k nízkoteplotní korozi kotle, je třeba dbát rovněž u moderních konstrukcí klasických kotlů. Setkáváme se tak s různými technickými opatřeními, která umožňují nízkou teplotu ve vratném potrubí ze spotřebitelských okruhů zvýšit, a tak dosáhnout směřováním či jiným opatřením, aby se na teplosměnné plochy kotle nedostala voda o teplotě, která způsobí nižší povrchovou teplotu teplosměnných ploch na straně spalin, než je teplota rosného bodu spalin. V našem případě bylo vybráno opatření směřováním vratné vody z AKUM nádrží a výstupní teplou vodou z kotle ATMOS pomocí třicestné směšovací armatury, řízení za pomoci PLC s PID algoritmem a poháněné servomotorickým pohonem viz.:Obr. 65.



Obr. 65 – Návrh připojení kotle ATMOS k rozvaděči DP10.

Druhým regulačním dějem je regulace tahu spalín v komínovém prostoru pomocí řízeného regulátoru otáček spalínového ventilátoru. Zpětnou vazbou pro tento regulační děj je teplota výstupních spalín kotle. K tomuto účelu byl navrhnut 1fázový regulátor výkonu s obvodem U2008B a řízený napětím z PLC 0-10VDC. Návrh, postup stavby, funkce a seřízení je v [10]. Na příloženém CD se nachází kompletní stavební návod regulátoru.

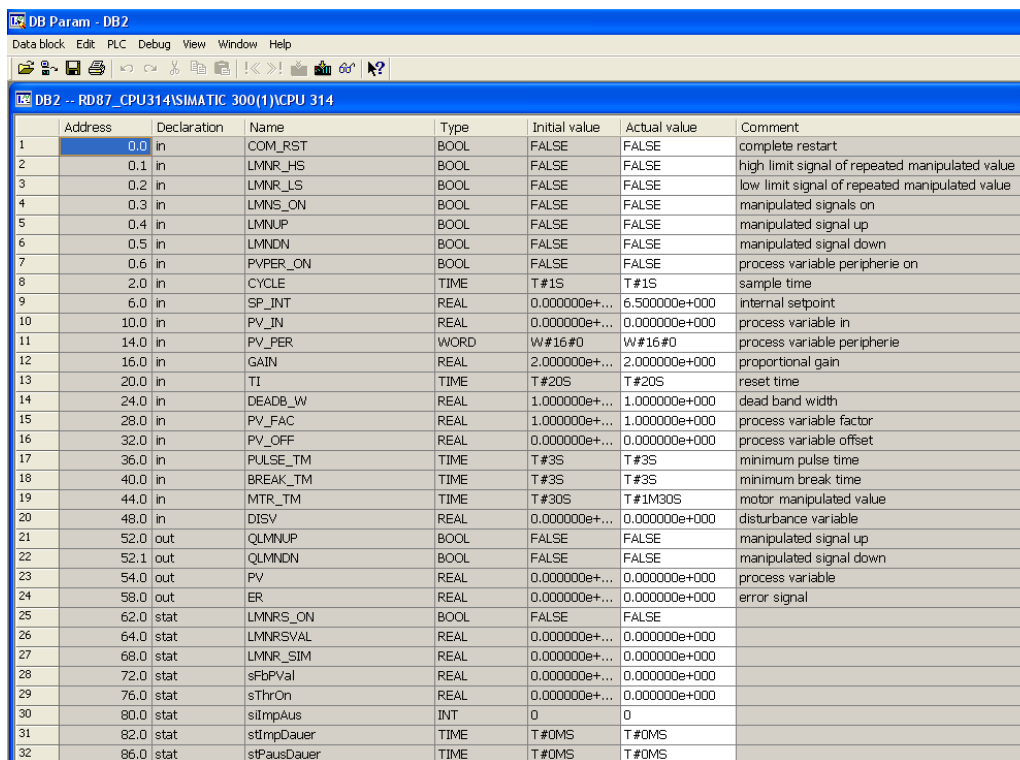
Jak již bylo zmíněno výše, bylo velice výhodné pro provoz a výkon kotle udržovat rovnoměrný tah v komínovém systému odvodu spalín. Výrobce ke svému kotli dodává řízení tahu pouze spalínovým termostatem s hysterezí 40°C, což má za následek vysokou spotřebu paliva. Instalací PID regulace rychlosti otáček odtahového ventilátoru bylo ušetřeno až 20% nákladů na palivech.

Nastavení ideální teploty spalín pro PID regulaci odtahového ventilátoru se provádí již na zahřátém kotli na provozní teplotu. Při zátopu čili při startu kotle, se otáčí odtahový ventilátor na plný výkon. V okamžiku kdy dosáhne jádro kotle vypínací teploty, začne řídit rychlost ventilátoru tahu PID algoritmus s nastavenou teplotou spalín 110°C. Pokud většinou vlivem vyšší vlhkosti zplynovaného dřeva se teplota spalín neudrží po dobu cca 30 min nad nastavenou teplotou (110°C), ŘS automaticky přidá na rychlosti ventilátoru 25%. A to se opakuje až na 100% výkonu. Pak již dochází k hláске na vizualizaci, „že je vlhké dřevo“, „zablokované dřevo ve zplynovacím prostoru“ nebo „došlo palivo ve zplynovací komoře“.

Oba regulační děje využívají již zmíněných PID regulačních bloků v PLC. Parametry regulace byly spočítány a nastaveny dle Ziegler–Nicholsovy metody tak jako ostatní předešlé regulace podlahového topení a radiátorového okruhu. V Tabulka 12 jsou parametry PID regulace pro kotel ATMOS část - regulace vratné vody.

Při odlaďování řídicího programu byl tento doplněn o závěrečné využití tepelné energie v jádru kotle Atmos. Jde o funkci, která při maximálním naplnění AKUM zásobníku teplem nebo předčasně ukončeném vytápění AKUM zásobníků, nastaví ventily do pozice tak, že dojde k zapnutí

všech spotřebičů tepla v RD a veškeré nahromaděné teplo v jádru kotle Atmos se pomalu zužitkuje v RD pro ohřev místností a TUV. Při standardním (výrobce nastaveno) používání kotle se tato funkce vůbec neuplatňuje, protože při ukončení vytápění kotlem se díky dodržování teploty na vratce do kotle proti vzniku nízkoteplotní koroze dojde k uzavření směšovače a tím pádem se voda točí pouze v krátkém okruhu kotle tak dlouho než úplně vychládne. Touto metodou a dodržováním zásad nevznikne stav nízkoteplotní koroze. Napsanou částí algoritmu ŘS bylo posunuto využití vyrobeného tepla kotle Atmos.



	Address	Declaration	Name	Type	Initial value	Actual value	Comment
1	0.0	in	COM_RST	BOOL	FALSE	FALSE	complete restart
2	0.1	in	LMNR_HS	BOOL	FALSE	FALSE	high limit signal of repeated manipulated value
3	0.2	in	LMNR_LS	BOOL	FALSE	FALSE	low limit signal of repeated manipulated value
4	0.3	in	LMNS_ON	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signals on
5	0.4	in	LMNUP	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal up
6	0.5	in	LMNDN	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal down
7	0.6	in	PVPER_ON	BOOL	FALSE	FALSE	process variable periphery on
8	2.0	in	CYCLE	TIME	T#1S	T#1S	sample time
9	6.0	in	SP_INT	REAL	0.000000e+...	6.500000e+000	internal setpoint
10	10.0	in	PV_INT	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	process variable in
11	14.0	in	PV_FER	WORD	W#16#0	W#16#0	process variable periphery
12	16.0	in	GAIN	REAL	2.000000e+...	2.000000e+000	proportional gain
13	20.0	in	TI	TIME	T#20S	T#20S	reset time
14	24.0	in	DEADB_W	REAL	1.000000e+...	1.000000e+000	dead band width
15	28.0	in	PV_FAC	REAL	1.000000e+...	1.000000e+000	process variable factor
16	32.0	in	PV_OFF	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	process variable offset
17	36.0	in	PULSE_TM	TIME	T#3S	T#3S	minimum pulse time
18	40.0	in	BREAK_TM	TIME	T#3S	T#3S	minimum break time
19	44.0	in	MTR_TM	TIME	T#30S	T#1M30S	motor manipulated value
20	48.0	in	DISV	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	disturbance variable
21	52.0	out	QLMNUP	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal up
22	52.1	out	QLMNDN	BOOL	FALSE	FALSE	manipulated signal down
23	54.0	out	PV	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	process variable
24	58.0	out	ER	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	error signal
25	62.0	stat	LMNRS_ON	BOOL	FALSE	FALSE	
26	64.0	stat	LMNRSVAL	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
27	68.0	stat	LMNR_SIM	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
28	72.0	stat	sFBPVval	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
29	76.0	stat	sThrOn	REAL	0.000000e+...	0.000000e+000	
30	80.0	stat	sImpAus	INT	0	0	
31	82.0	stat	stimpDauer	TIME	T#0MS	T#0MS	
32	86.0	stat	stPausDauer	TIME	T#0MS	T#0MS	

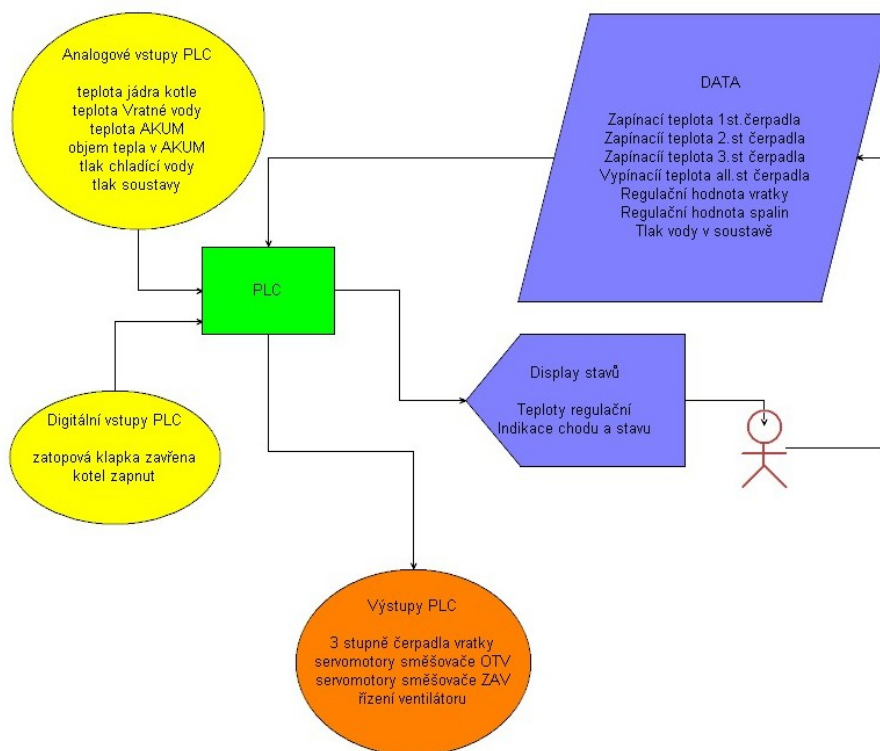
Tabulka 12 – Parametry PID regulace vratné vody ATMOS.

### 7.5.1 Podmínky chodu kotle ATMOS

Jako všechny součásti a zařízení v tomto okruhu vytápění i kotel má svoje podmínky chodu.

- Zásobník AKUM má objem tepla pod 60%.
- Tlak soustavy musí být větší než 30kPa.
- Tlak vody na chladicí smyčce musí být větší než 100kPa.
- Havarijní termostat kotle musí být OK.
- Poloha zátopové klapky musí být ve stavu Zavřeno.
- Kotel musí být Zapnut.
- RM2\_DP10 musí být RUN.

Na obrázku byly blokově znázorněny podmínky od všech snímačů, polohy aktuátorů a nastavení z vizualizace viz.: Obr. 67 pro úspěšný chod zplynovacího kotle viz.: Obr. 66.



Obr. 66 – Grafické znázornění podmínek chodu kotle Atmos.

The screenshot shows the 'Nastavení parametrů kotle ATMOS DC' window. It displays various parameters and their current values:

Aktuální teploty kotle		Směšovač ATMOS	
Spaliny Atmos	109 C	Vratka kotle	76 C
Teplota kotle	83,3 C	Regulační hodnota	75 C

Čerpadlo ATMOS	
Rychlost 1.	65 C
Rychlost 2.	80 C
Rychlost 3.	90 C
VYP čerpadlo	55 C

On the left, there is a list of status indicators with checkboxes:

- ☒ PID aktivní
- ☒ Čerpadlo rychlost 1.
- ☒ Čerpadlo rychlost 2.
- ☒ Čerpadlo rychlost 3.
- ☒ OTV - Servosměšovač
- ☒ ZAV - Servosměšovač
- ☒ Spalinový ventilátor

A 'Nápověda' button is located at the bottom right.

Obr. 67 – Parametry pro chod kotle Atmos.

## 7.6 Expanzní nádrž topného systému

Nedílnou součástí celého topného systému je expanzní nádrž, která vyrovnává objem topné vody v soustavě při změně teplot. Celý topný systém má objem cca 3280 litrů vody při ustálené teplotě 16C. Byl to docela velký objem na to, abychom mohly pracovat s tlakově uzavřeným topným systémem a udržitelnou optimální hodnotou tlaku v topném okruhu cca do 2bar. Pro takový uzavřený topný systém by musely být instalovány expanzomaty s objemem až 500 litrů což z hlediska prostoru

pro instalaci a ceny expanzomatu bylo nereálné viz.: Tabulka 13 – Porovnání cen expanzomatu a expanzní nádrže.

Typ převodníku	Objem	Zateplení	Cena Kč
<b>CIMM CRE650</b>	500l	ne	25890,-
<b>SIGMA E200l</b>	200l	ne	2420-

Tabulka 13 – Porovnání cen expanzomatu a expanzní nádrže.

Výpočet roztažnosti topné vody se vypočítá z teploty a objemu soustavy dle vzorce níže. Pro výpočet s otevřenou topnou soustavou byl použit jednoduchý postup, ale pro uzavřenou soustavu je to mírně složitější. U uzavřených soustav se musí počítat s výškou sloupce vody, tlakem v soustavě při nízké a vysoké teplotě atd. viz.: Obr. 68.

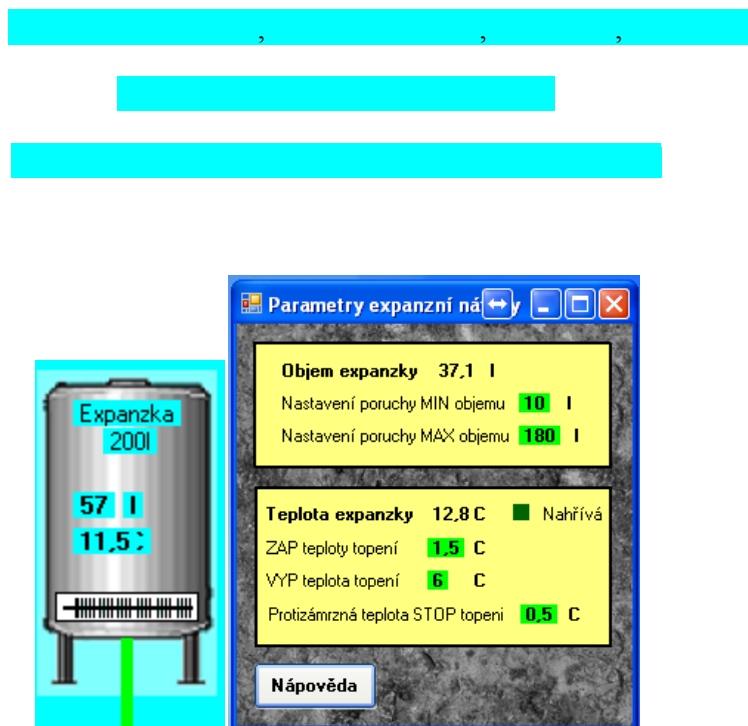
Výkon zdroje tepla - pojistný výkon  
 $Q_p =$  22 kW  
Maximální teplota otopné vody  
 $t_{max} =$  95 °C  
Součinitel zvětšení objemu  $n =$  0.0398 ???  
při ( $t_{max} - 10$  °C)

Výška nejvyššího bodu otopné soustavy  $h =$  8.5 m  
Nejnižší pracovní tlak soustavy  $p_d =$  80 kPa  
Nejvyšší pracovní tlak soustavy  $p_{h,dov} =$  160 kPa  
**Vodní objem otopné soustavy**  
Kotel  $V_k =$  96 l  
Potrubí  $V_p =$  56 l  
Otopná tělesa  $V_{OT} =$  110 l  
Ostatní zařízení  $V_{ost} =$  3000 l  
 $V = V_k + V_p + V_{OT} + V_{ost} =$  3262 l  
**Výsledky**  
Vypočítaný objem expanzní tlakové nádoby  $V_{et} =$  548.4 l  
Vnitřní průměr pojistného potrubí  $d_v =$  12.81 mm

Obr. 68 – Výpočet expanzomatu. (16)

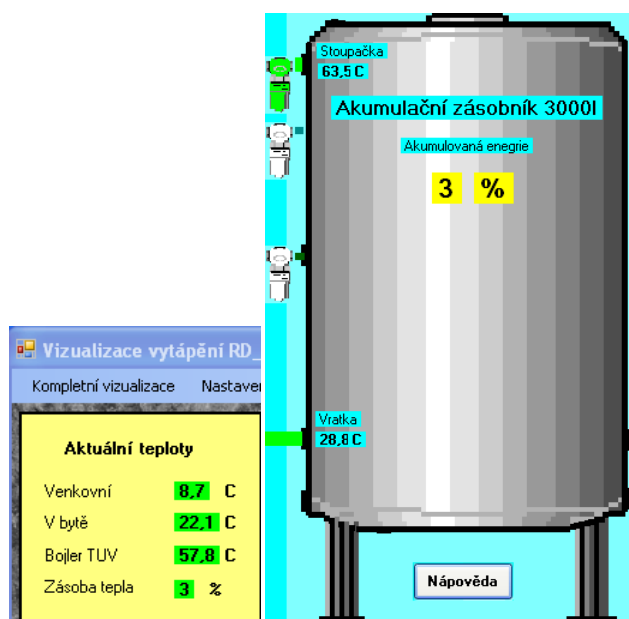
Určení tepelné roztažnosti vody je mnohem jednodušší. Dle vztahu bylo spočítáno, že voda po zahřátí z 16°C na 95°C roztáhne o cca 50 litrů. Jako expanzní nádoba byla použita ocelová nádoba s objemem 200l umístěná v nejvyšším bodě topné soustavy. Nádrž musela být velice dobře zateplená, aby nedošlo k zamrznutí v zimních měsících. Pro větší bezpečnost topné soustavy byla expanzní nádrž opatřena měřením teploty a objemu. Dle těchto údajů bylo instalováno do nádoby i topné těleso o

výkonu 500W pro nouzové ohřátí nádrže v případě krutých, dlouhodobých mrazů a následného zamrznutí expanzní nádrže. Výpočet tepelné roztažnosti je níže.



Obr. 69 – Nastavení a vizualizace expanzní nádrže topného systému.

Nadále byla vhodně využita informace z expanzní nádrže o objemu soustavy k přibližnému výpočtu zásoby tepla v AKUM zásobnících. Výsledek zásoby tepla je udáván v % na hlavním okně vizualizace a na kompletním přehledu topného systému. Viz.:Obr. 70.



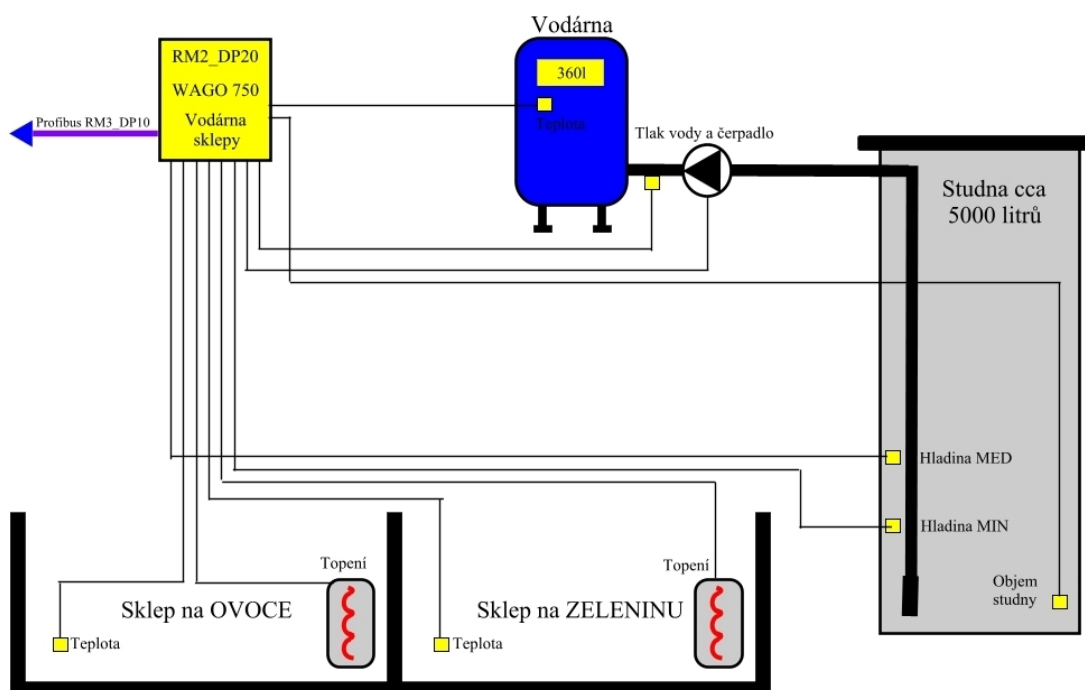
Obr. 70 – Indikace přibližné akumulované energie v AKUM zásobníku.

Celý výpis programových bloků pro výpočet ekvitermních křivek je v příloze na CD.

## 7.7 Algoritmus chodu vodárny

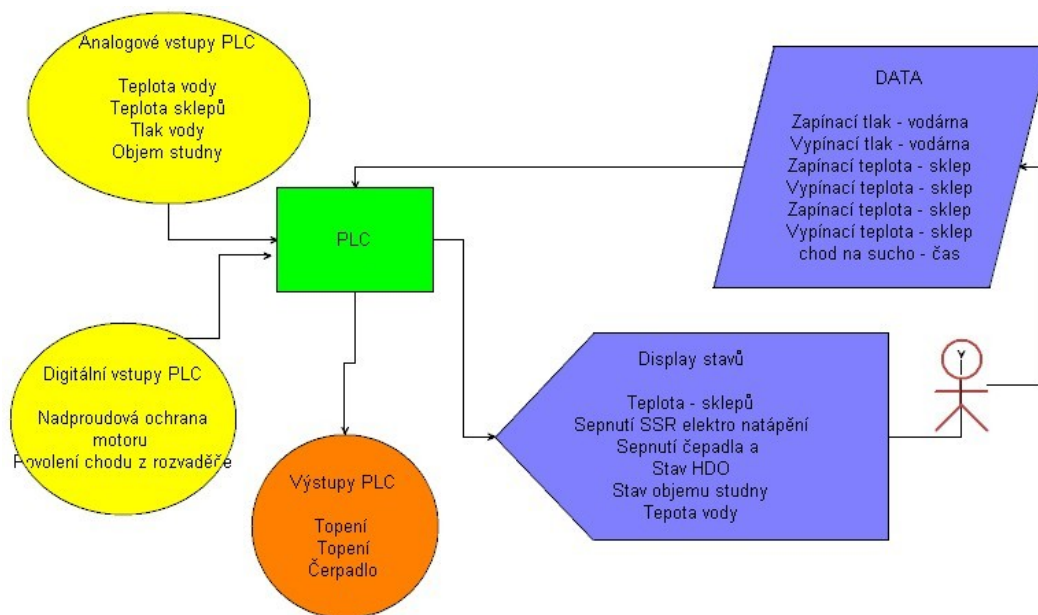
Jak bylo zmíněno v popise o rozvodech Profibus na, kterých jsou zapojeny rozvaděče RM2\_DP10 a RM3\_DP20 se stanicí Wago750 jsou od řídicího PLC vzdálen necelých 90m. Vodárna nacházející se na pozemku RD je opravdu velice daleko. Jelikož by bylo ekonomicky velice nevýhodné táhnout veškeré vedení pro snímače a aktuátory přes celý pozemek, byla tato volba sběru dat velice dobrá. Vždy je možnost stanici DP20 rozšířit o další moduly vstupů a výstupů, tak profibus protáhnout dále na budoucí DP, které se budou starat o řízení fotovoltaických panelů. Na Obr. 71 je blokově vyobrazeno schéma rozvodu připojení snímačů k DP20.

Bylo předpokládáno, že se DP20 bude rozrůstat. Rozrostlo se o regulaci teploty ve sklepech pro ukládání ovoce a zeleniny. Jelikož vytápění prostorů el. proudem je v dnešní době velice finančně náročné, sklepy jsou vytápěny pouze v době tzv.: „nízké sazby“ neboli aktivním HDO. Tímto rozšířením byla dokázána úplná flexibilita ŘS.



Obr. 71 – Blokové znázornění snímačů a aktuátorů DP20 vodárna.

Řídicí program má velice málo podmínek, jde o velice jednoduchý cyklus zapnutí a vypnutí dle tlaku v nádobě vodárny a hladiny vody. V blokovém schématu jsou vyobrazeny základní podmínky chodu čerpadla vody.



Obr. 72 – Blokové znázornění podmínek chodu vodárny.

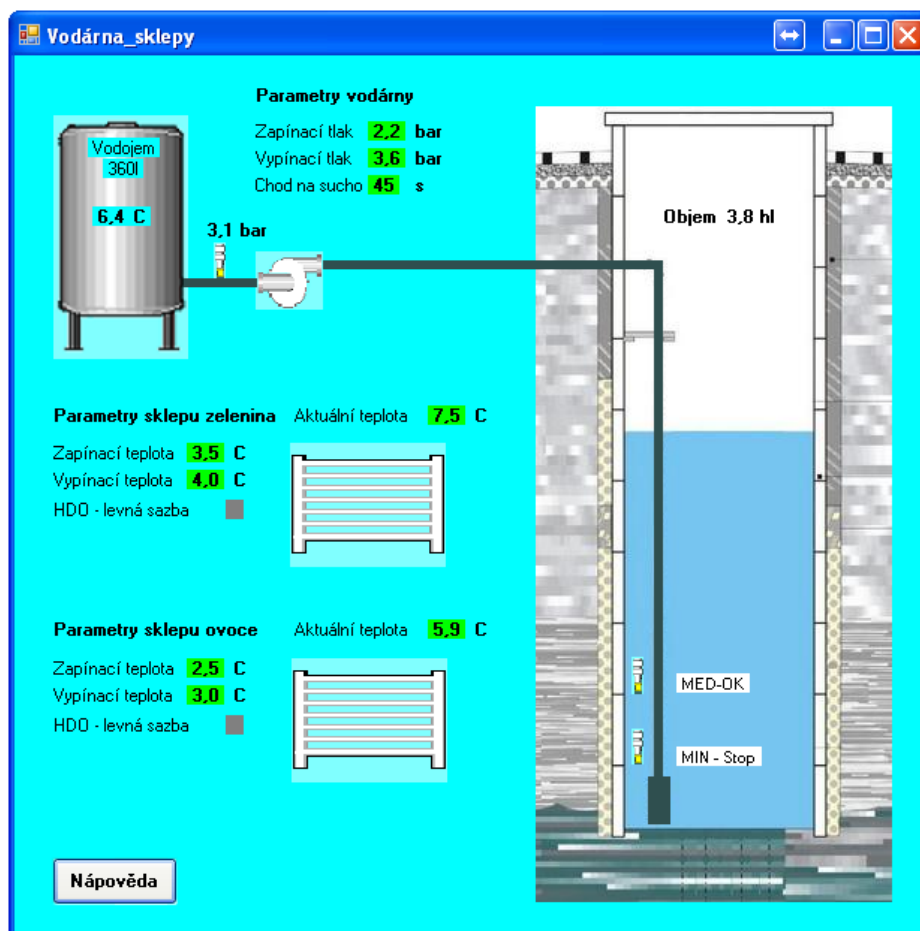
#### Podmínky chodu

- Musí být dosažen nízký tlak ve vodárenské nádobě.
- Musí být dostatek vody tedy nad hranicí MIN.
- Musí motor čerpadla být v chodu nejdéle 30s, pak chod na sucho.
- Nadproudová ochrana motoru OK.
- Povolení chodu z vizualizace.

#### Podmínky pro sklepy

- HDO nízká sazba.
- Nízká teplota v místnosti skladu.
- Povolení topení z vizualizace.





Obr. 73 – Nastavení parametrů z vizualizace.

## 7. Vizualizace ŘS

Tato část diplomové práce se stala velice stěžejní v tom pohledu, že se jedná o zpřístupnění řídicího systému obsluze. Jedná se o vizualizační prostředí, které obsluze hned ne první pohled musí být příjemné a musí se velice intuitivně ovládat bez složitých cest, klikání a oken.

Popisovaná vizualizace si zakládá na jednoduchosti, přenositelnosti, rozšiřitelnosti, nenáročnosti na operační systém a hardware na kterém poběží. Snad skoro každý programátor, který tvořil vizualizace se setkal se zásadním problémem. A to v pochopení myšleného záměru jak si představuje vizualizaci dané aplikace ŘS. Bohužel mnohdy dochází k situacím, kdy pro programátora je vizualizace velice jednoduchá a pro obsluhu složitá a nepřehledná. Proto se budu snažit v této diplomové práci o to, aby navržená vizualizace byla co nejjednodušší, stručná a pochopitelná tzv.: „user friendly“ neboli uživatelsky přirozená.

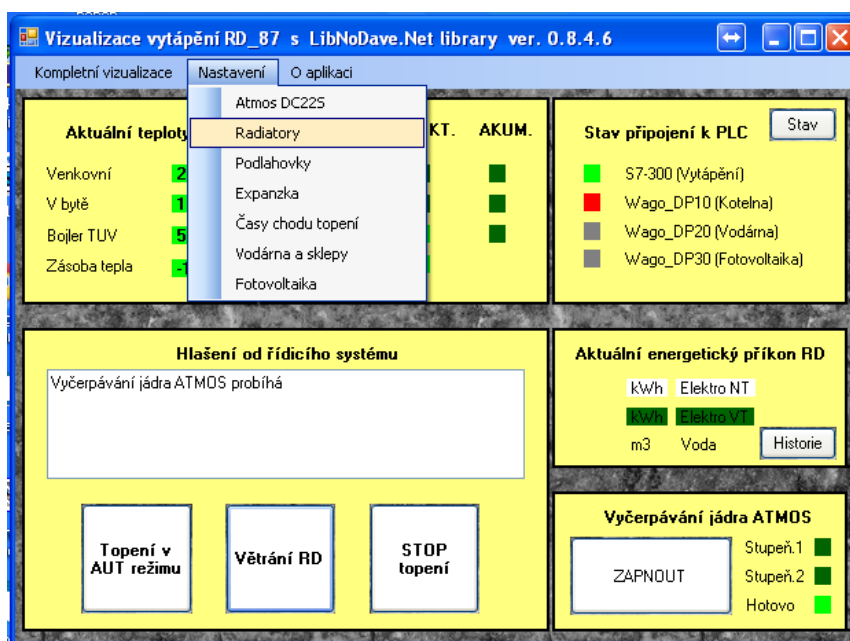
Jak bylo již zmíněno v kapitole výběru vizualizačního SW musí se na toto téma nahlížet jak z pohledu finančního zatížení pro pořízení SW a HW tak dalšího dlouhodobého vývoje aplikace a dálkové správy. V tomto případě bylo rozhodnuto, aby vizualizační aplikace byla co nejlevnější a provozně jednoduchá. Při výběru byly zahrnuty různé průmyslové dotykové panely a servery s klientským přístupem přímo od Siemensu. Bohužel tento směr byl snad ten nejdražší, který mohl být.

Proto bylo rozhodnuto napsat si vizualizaci v bez licenčním software od Microsoftu a to ve MS Visual Studio 2010. Kompletní vývojový software je zdarma stažitelný na stránkách Microsoftu.

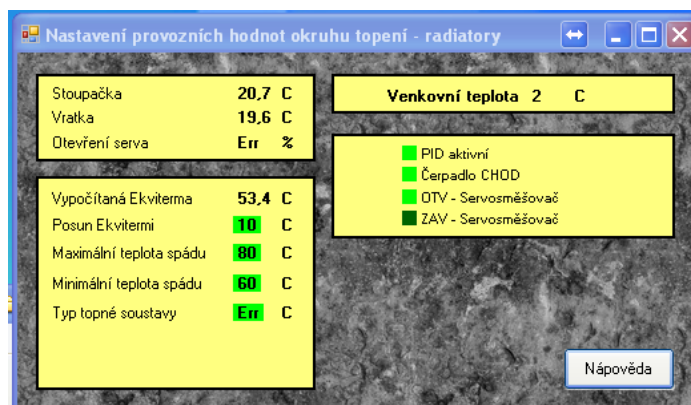
Dalším krokem bylo použití freeware otevřené knihovny pro přímou S7 komunikaci libNoDaveNet.dll. Tato knihovna je taky freeware. Pro komunikaci mezi ŘS a vizualizací je zapotřebí překladáč instrukcí. Net Framework 4.0, který používá OS Windows pro. Net komunikaci. Balíček sw .Net se instaluje současně s MS Visual Studiém.

## 8.1 Tvorba vizualizace

Prvním krokem pro tvorbu vizualizace je si upřesnit co chceme po zapnutí vizualizace jako první vidět a ovládat a co není zase až tak potřeba, co se může schovat do oken nastavení atd. tedy co je aktuální pro laickou obsluhu. Tato vytvořená vizualizace je stále ve stádiu vývoje a rozšiřování proto hlavní okno, které je po zapnutí vidět obsahuje více parametrů, než bude laická obsluha potřebovat k dohledu a ovládání ŘS. Vizualizace se skládá hned z několika vizualizačních oken. Pro jednoduché rozdělení vizualizace ŘS obsahuje i okna, věnovaná pouze určitým částem nastavení a vizualizace dané oblasti. Přechod na ostatní okna lze z nástrojové lišty hlavní vizualizace s položkou „nastavení“. Viz.:Obr. 74. Každou další položku stačí potvrdit kliknutím levým tlačítkem myši a zvolená oblast se zobrazí. Pro příklad byl zvolen okruh nastavení teplot „radiátory“ viz.:Obr. 75.



Obr. 74 – Cesta k ostatním oknům vizualizace ŘS.



Obr. 75 – Okno nastavení teplot okruhu topení „radiatory“.

Každé okno obsahuje podrobnou nápovědu ke všem prvkům konkrétního okna. To platí i pro položky zeleně podbarvené. Tyto položky lze měnit v rozsahu daném ŘS a nastaveny programátorem. I když se stane, že se do pole zadávání hodnot pro PLC запиše uživatelem nesmyslná hodnota. Nic se strašného se dít nebude. Nesmyslné hodnoty jsou vizualizací ošetřeny tak, že se nezapiší v rámci možností rozsahu hodnot do PLC.

### 8.1.1 Popis oken vizualizace

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole vizualizace má několik oken pro rozdělení částí vizualizace. Skládá se z položek

- Hlavní okno – nejpotřebnější údaje o vizualizaci a rozcestník nastavení.
- Kompletní vizualizace – pohled na kompletní vizualizaci topného systému s možností nastavení všech částí ve vizualizaci přes kliknutí na určený objekt.
- Informace o aplikaci – použití, vývoj, majitel.

Položka nastavení v hlavní nástrojové liště funguje stejně, jak popsané otevření nastavovacích oken při kliknutí na vybraný objekt v kompletní vizualizaci viz.: Obr. 74. V nastavení se skrývá hned několik odkazů na části vizualizace a to

- Nastavení parametrů kotle ATMOS DC22.
- Nastavení parametrů topení okruhu RADIATORY.
- Nastavení parametrů topení okruhu PODLAHOVKY.
- Nastavení parametrů EXPANZNÍ NÁDOBY.
- Nastavení parametrů zásobníku na TUV 160l.
- Nastavení časů topení okruhů RADIATORY a PODLAHOVKY.
- Nastavení parametrů VODÁRNY a SKLEPŮ.
- Nastavení parametrů FOTOVOLTAICKÝCH PANELŮ – (ve vývoji).

Některé položky jsou pro dostupnost při vývoji vizualizace přístupny pouze z hlavního okna vizualizace. Jsou to položky aktuálního stavu příkonu elektrické energie, stavu Profibus a ethernetové sítě.

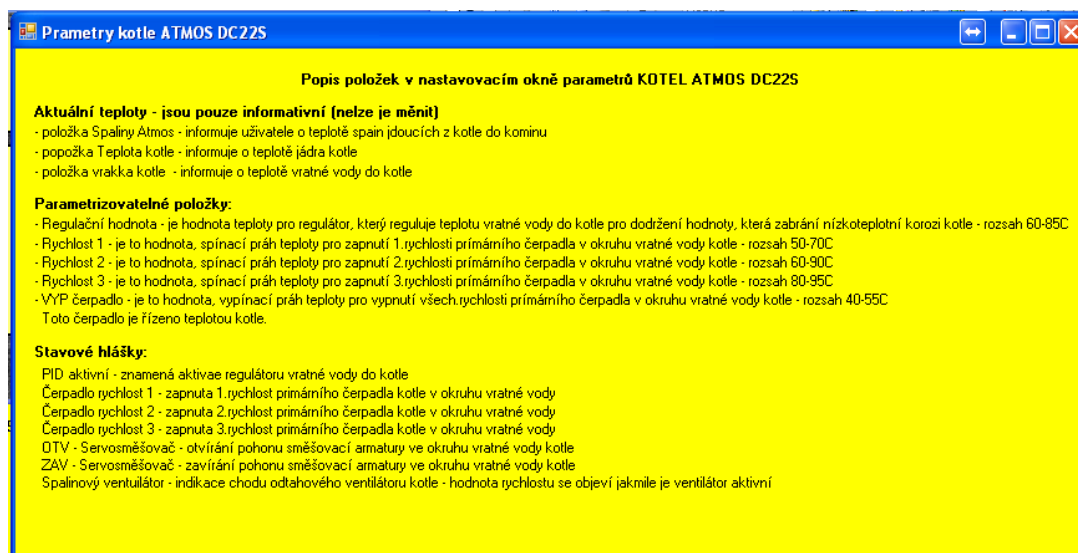
## 8.1.2 Okno nastavení parametrů kotle ATMOS DC22

V tomto okně nastavení se nastavují nejdůležitější parametry pro nejúčinnější chod kotle Atmos. Jak bylo popsáno v kapitole 7.5 o funkci kotle.



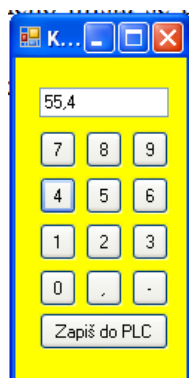
Obr. 76 – Nastavení parametrů kotle ATMOS.

Při pořizování tohoto screenu je plně zřejmé, že kotel je vypnutý. Všechny podbarvené hodnoty zeleným polem jsou hodnoty s nastavením. Ostatní hodnoty jdou pouze informativní. Pokud si uživatel neví rady, která hodnota co znamená a k čemu slouží, tak pro tuto situaci slouží tlačítko nápověda. Po kliknutí na toto tlačítko se otevře okno nápověda k parametrům kotle a k nim i rozsahy hodnot k zadání.



Obr. 77– Nápověda k popisu parametrů.

Zadávatí všech hodnot se provádí pomocí klávesnice nebo myši po kliknutí na zeleně podbarvenou položku. Hodnoty bez desetinného místa se píšou v tomto formátu. Pokud dojde k zadání čísla desetinného na místo, kde nepatří tato hodnota se automaticky upraví, na číslo bez desetinných míst. Pokud je v rozsahu zadávané hodnoty, zapíše se do PLC.

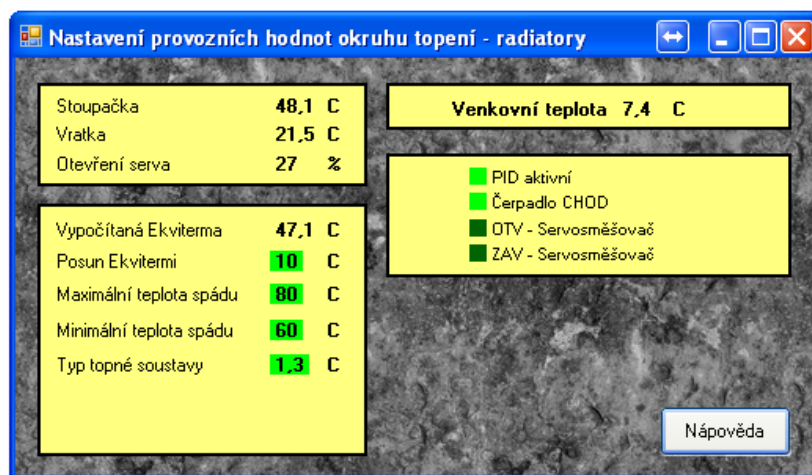


Obr. 78 – Zadávací klávesnice hodnot do PLC.

### 8.1.3 Okno nastavení parametrů topného okruhu RADIATORY

Pro nastavení nejdůležitějších parametrů okruhu radiátory slouží níže vyobrazené okno na Obr. 79. V okně se nachází hned několik údajů informačních i nastavovacích pro správný chod topného okruhu radiátory. Tak jako v jiných oknech pro změnu parametrů použijeme nastavovací klávesnici dostupnou klikem na hodnotu zeleně podbarvenou. Postup zadání a rozsah je všude stejný jak v kapitole 8.1.2. Nachází se zde parametry:

- Stoupačka - informační údaj o hodnotě teploty vody vstupující do topného okruhu.
- Vratka – informační údaj o hodnotě teploty vody vystupující z topného okruhu.
- Otevření serva – poloha otevření směšovací armatury na topném okruhu.
- Venkovní teplota – informační údaj o venkovní teplotě.
- Vypočítaná ekviterma – vypočítaná teplota na ekvitermní křivce.
- Posun ekvity – paralelní posun teploty na ekvitermní křivce.
- Maximální teplota spádu – hodnota min. teploty vystupující do topné soustavy, hodnota pro výpočet ekvity.
- Maximální teplota spádu - hodnota max. teploty vstupující do topné soustavy, hodnota pro výpočet ekvity.
- Typ topné soustavy – popis v kapitole 7.3.2.
- PID aktivní – aktivace PID regulátoru ŘS.
- Čerpadlo CHOD – indikace chodu čerpadla v daném okruhu topení.
- OTV – servosměšovač – indikace otevírání směšovací armatury vody topného okruhu.
- ZAV – servosměšovač – indikace zavírání směšovací armatury vody topného okruhu.

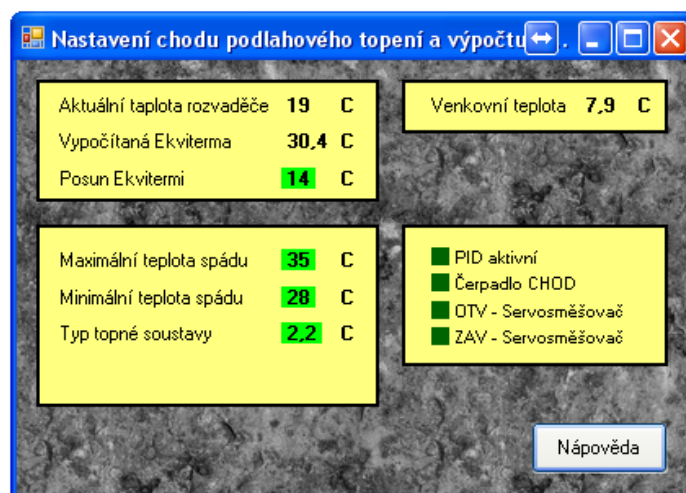


Obr. 79 – Okno nastavovacích parametrů topného okruhu radiátorů.

#### 8.1.4 Okno nastavení parametrů topného okruhu PODLAHOVKY

Pro nastavení parametrů podlahového topení slouží okno na Obr. 80. Parametry určené k řízení teploty rozvaděče podlahového topení a výpočet ekvitermní křivky jsou shodné se zadáním parametrů pro výpočet a nastavení okruhu radiátorového topení. Pro krátké seznámení budou níže uvedeny vysvětlivky údajů v okně nastavení:

- Aktuální teplota rozvaděče - informační údaj o hodnotě teploty vody vstupující do topného okruhu.
- Venkovní teplota – informační údaj o venkovní teplotě.
- Vypočítaná ekviterma – vypočítaná teplota na ekvitermní křivce.
- Posun ekvitermi – paralelní posun teploty na ekvitermní křivce.
- Maximální teplota spádu – hodnota min. teploty vystupující do topné soustavy, hodnota pro výpočet ekvitermi.
- Maximální teplota spádu - hodnota max. teploty vstupující do topné soustavy, hodnota pro výpočet ekvitermi.
- Typ topné soustavy – popis v kapitole 7.3.2.
- PID aktivní – aktivace PID regulátoru ŘS.
- Čerpadlo CHOD – indikace chodu čerpadla v daném okruhu topení.
- OTV – servosměšovač – indikace otevírání směšovací armatury vody topného okruhu.
- ZAV – servosměšovač – indikace zavírání směšovací armatury vody topného okruhu.



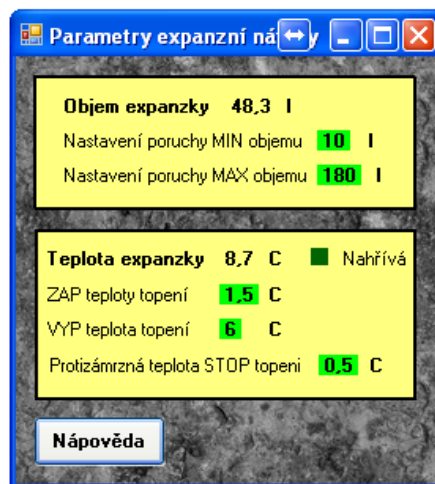
Obr. 80 – Okno nastavení parametrů okruhu podlahového topení.

### 8.1.5 Okno nastavení parametrů EXPANZNÍ NÁDOBY

Jak již bylo zmíněno v kapitole 7.6 o funkci expanzní nádoby, níže jsou zobrazeny parametry pro nastavení správné funkce expanzní nádoby. Jako u všech oken je i tlačítko nápovědy pro upřesnění položek nastavení. Dále budou popsány položky okna nastavení

- Objem expanzky – informační údaj ze kterého se také počítá přibližná zásoba tepla v AKUM.
- Nastavení poruchy MIN objemu – parametr kdy ŘS vyhlásí poruchu objemu a nedovolí uskutečnit zátop v kotli Atmos, a nespustí topné okruhy.
- Nastavení poruchy MAX objemu – parametr pro informační hlášku na panel vizualizace o přeplnění expanzní nádoby a následný odvod vody přepadem do kanalizace.
- Teplota expanzky – informační údaj o teplotě vody v exp. nádobě
- ZAP teploty topení – zapínací hodnota pro sepnutí elektrického topení v expanzní nádrži – hlídá zamrznutí.
- VYP teploty topení – zapínací hodnota pro sepnutí elektrického topení v expanzní nádrži – hlídá zamrznutí.
- Protizámrzová teplota STOP topení – hodnota odstavení topných okruhů soustavy.





Obr. 81 – Okno nastavení parametrů podlahového topení.

### 8.1.6 Okno nastavení parametrů zásobníku TUV

Pro zásobu teplé užitkové vody slouží zásobník 160 litrů s dvojitým nahříváním. Dvojité nahřívání spočívá v elektro topné spirály zabudované uvnitř zásobníku a duplikovaném plášti pro ohřev vody z AKUM zásobníku. Duplikované nahřívání spočívá ve dvojitém plášti napájeném ohřátou vodou z AKUM zásobníků a rozdělení vratné nahřívací vody, která se vrací z duplikovaného nahřívacího okruhu do zásobníku AKUM. Rozdělení vratné vody do AKUM zásobníků je rozdělováno dle teploty vratné vody a nastavených teplot pro přepínání elektrotermických ventilů na AKUM zásobníku. Rozdělení vratné vody dle teploty zlepšuje využití vody z AKUM zásobníku. Rozvrstvená zásoba vody dle teploty se tolik nepromíchává a zůstává cca na stálé hodnotě. Níže je popis nastavovacích parametrů okna nastavení TUV.

- Aktuální teplota TUV - informační údaj o teplotě zásobníku TUV.

Nastavení teplot pro ohřev z ELEKTRO.

- ZAP – teplota zapnutí vytápění z elektro tělesa.
- VYP – teplota vypnutí vytápění z elektro tělesa.
- Nahřívá – indikace zapnutí SSR spínače pro ohřev TUV.
- Levná sazba HDO – indikace levné sazby elektro příkonu RD.

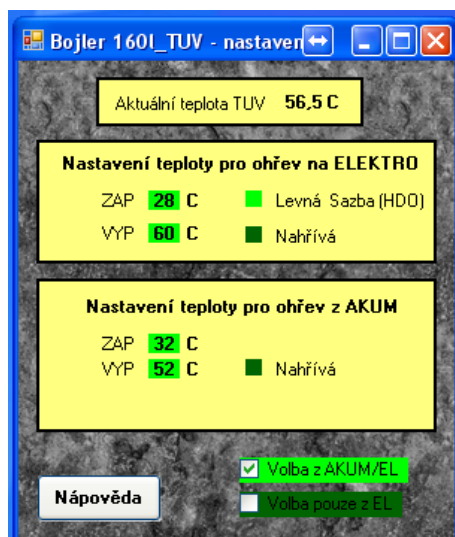
Nastavení teplot pro ohřev z AKUM.

- ZAP – teplota zapnutí vytápění z AKUM zásobníků.
- VYP – teplota vypnutí vytápění z AKUM zásobníků.

Volba zdroje nahřívání

- Volba z AKUM/EL – kombinované vytápění TUV dle teploty AKUM.
- Volba pouze z EL – volba nahřívání pouze z Elektro topení.

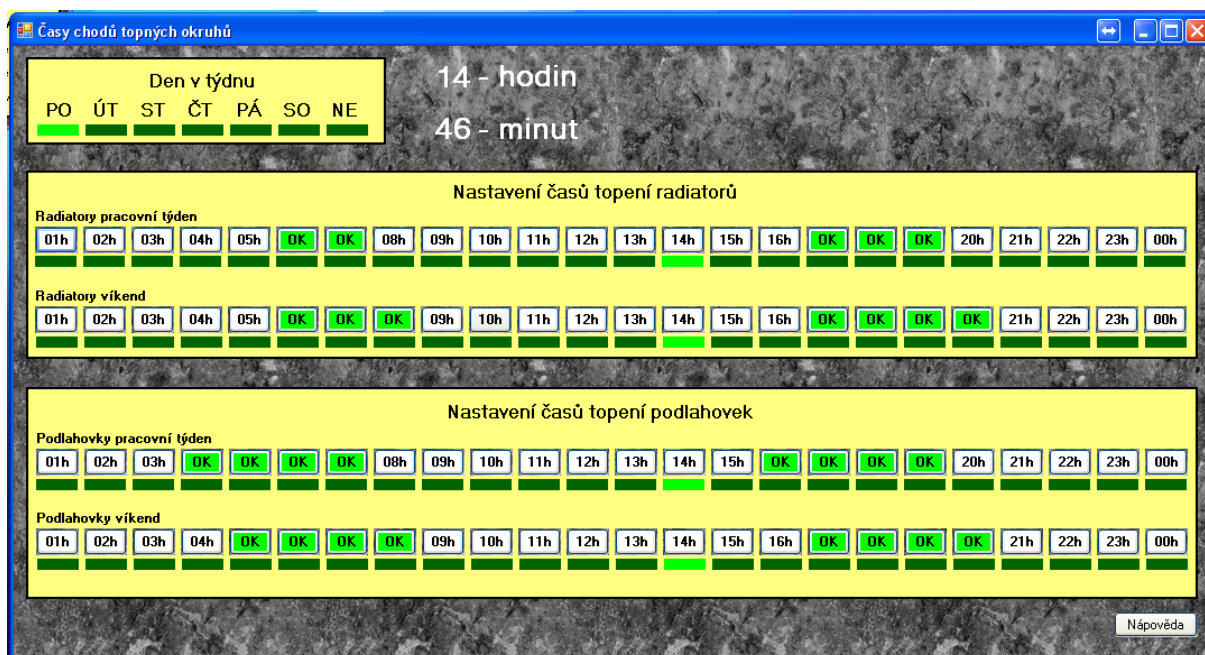
Všechny nastavovací parametry pro TUV jsou přístupné z hlavní nástrojové lišty nebo přímo kliknutím z kompletní vizualizace na daný objekt.



Obr. 82 – Okno nastavení parametrů a funkce nahřívání TUV.

### 8.1.7 Okno nastavení času chodu topných okruhů

Pro přesné časové nastavení chodu topných okruhu slouží pro uživatele jednoduché okno s tlačítky pro zapnutí okruhů v určitý den v týdnu a hodinu ve dni. Jednoduchým klikem levým tlačítkem myši uživatel aktivuje okruh, čas a den v týdnu pro chod topení. Na Obr. 83 je vizualizační okno nastavení časů chodu topných okruhů.

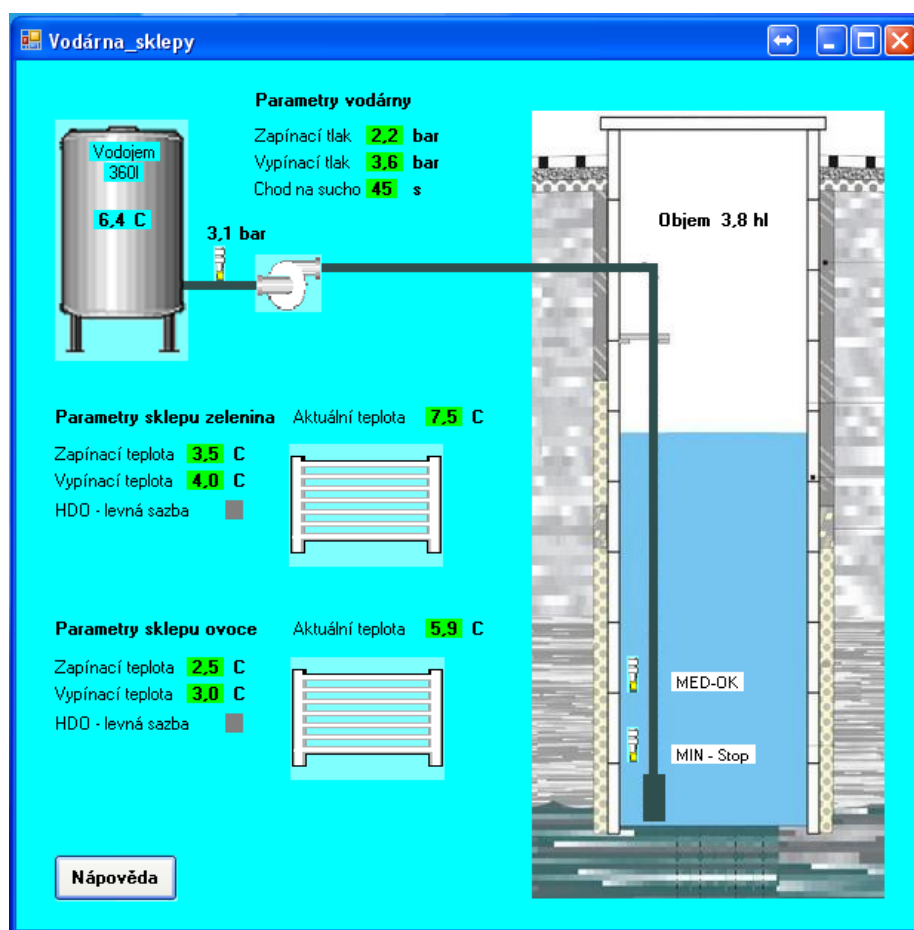


Obr. 83 – Okno nastavení časů chodu okruhů topení.

### 8.1.8 Okno nastavení parametrů VODÁRNY a SKLEPŮ

Jak bylo popsáno v kapitole o vodárně je až na druhém konci pozemku RD. Řízení vodárny a snímání všech hodnot je přes vzdáleného profibus klienta WAGO. Parametry nastavení chodu vodárny jsou přístupná z hlavní nástrojové lišty vizualizace.

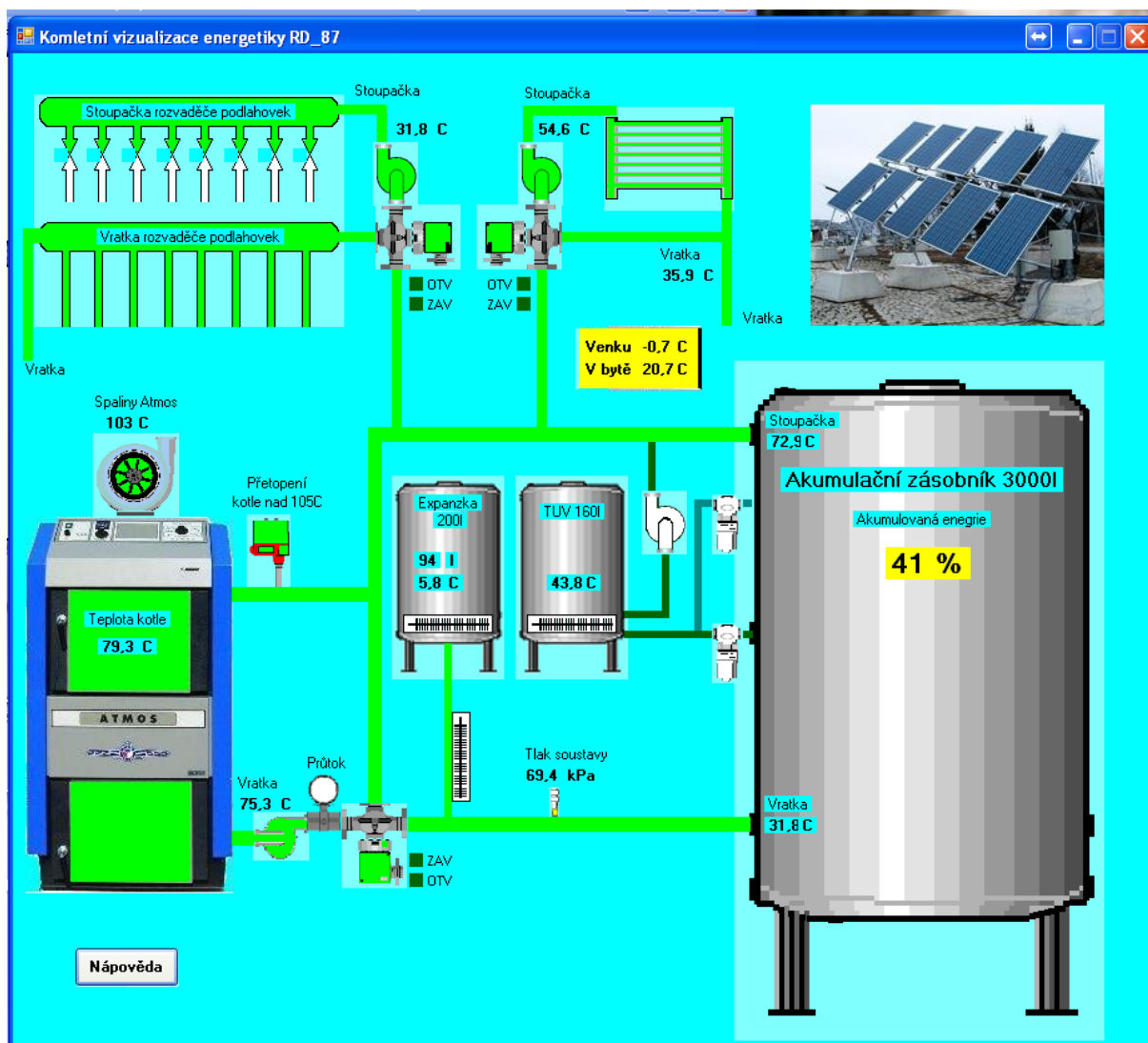
- Zapínací tlak vodárny – hodnota tlaku pro zapnutí čerpadla vodárny.
- Vypínací tlak vodárny – hodnota tlaku pro vypnutí čerpadla vodárny.
- Chod na sucho – čas chodu čerpadla bez vody při poruše nasávání vody.



Obr. 84 – Vizualizace vodárny DP20.

### 8.1.9 Okno KOMPLETNÍ VIZUALIZACE

Jedna z největších položek vizualizace je okno pro kompletní vizualizaci ŘS. Z tohoto okna se dá jednoduše přejít na všechny nastavovací parametry pouhým kliknutím na zobrazený objekt a části ŘS. Na Obr. 85 již pohodlně rozpoznáme jak je celý akumulací topný systém propojen a kde jsou výše zmiňované regulační a měřicí prvky.



Obr. 85 – Kompletní vizualizace ŘS.

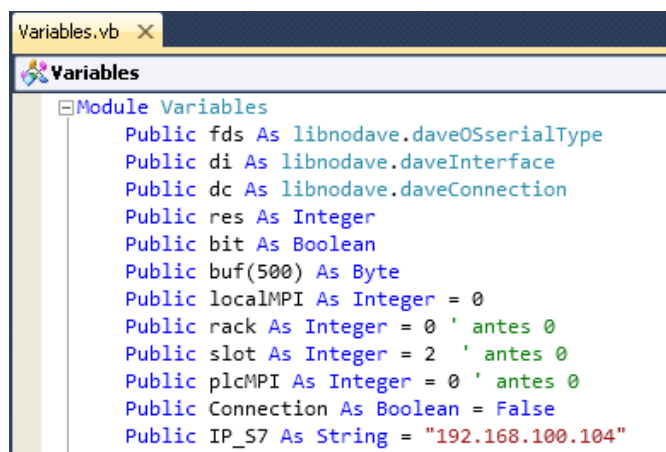
## 8. Vývoj vizualizace v MS Visual Studiu 2010

V kapitole 2.2 a 8, které se zabývali výběrem vizualizace, byl zmíněn důvod, proč byl použit právě tento sw nástroj pro tvorbu vizualizačního prostředí ŘS. Již v začátcích si musíme říct, že programování v tomto prostředí není nikterak složité.

Zajištění komunikace se úspěšně podařilo zrealizovat díky připojení ŘS do sítě ethernet. V této chvíli bylo možno se přesně doptávat na místa v paměťové oblasti PLC Simatic díky použití open source knihovně komunikačních příkaz libNoDaveNet.dll a Net.Frameworku 4.0, který nám zajistil spojení mezi SW a HW. Tato knihovna, která bylo dlouhodobě vytvářena a upravována je freeware a otevřena pro další úpravy. Bez této knihovny se vůbec nepodaří načíst spolehlivé informace z paměťové oblasti PLC. Knihovna je volně použitelná i v jiných programovacích prostředích a to např. C++, C#, Delphi, Eclipse atd. syntaxe příkazů je velice podobná.

## 9.1 Komunikace a spojení s PLC

V MS studiu bylo potřebné hned od začátku si upřesnit, jaký jazyk použijeme pro interpretaci kódu. V této aplikaci byl vybrán jednoduchý programovací jazyk Visual Basic. Vybrán byl hlavně pro svoji jednoduchost a velikou technickou podporu na stránkách Microsoftu. Prvním krokem bylo si zvolit projekt a nastavit TCP/IP komunikaci s PLC. IP adresa pro komunikaci s CP 343 byla nastavena ve Step7 projektu k PLC v části NetPro ne HW config. V projektu si založíme položku variables, kde byly zapsány potřebné zkratky, a návaznosti na komunikační knihovnu viz.: Obr. 86.



```
Variables.vb X
Variables
Module Variables
    Public fds As libnodave.daveOSserialType
    Public di As libnodave.daveInterface
    Public dc As libnodave.daveConnection
    Public res As Integer
    Public bit As Boolean
    Public buf(500) As Byte
    Public localMPI As Integer = 0
    Public rack As Integer = 0 ' antes 0
    Public slot As Integer = 2 ' antes 0
    Public plcMPI As Integer = 0 ' antes 0
    Public Connection As Boolean = False
    Public IP_S7 As String = "192.168.100.104"
```

Obr. 86 – Tabulka variables.

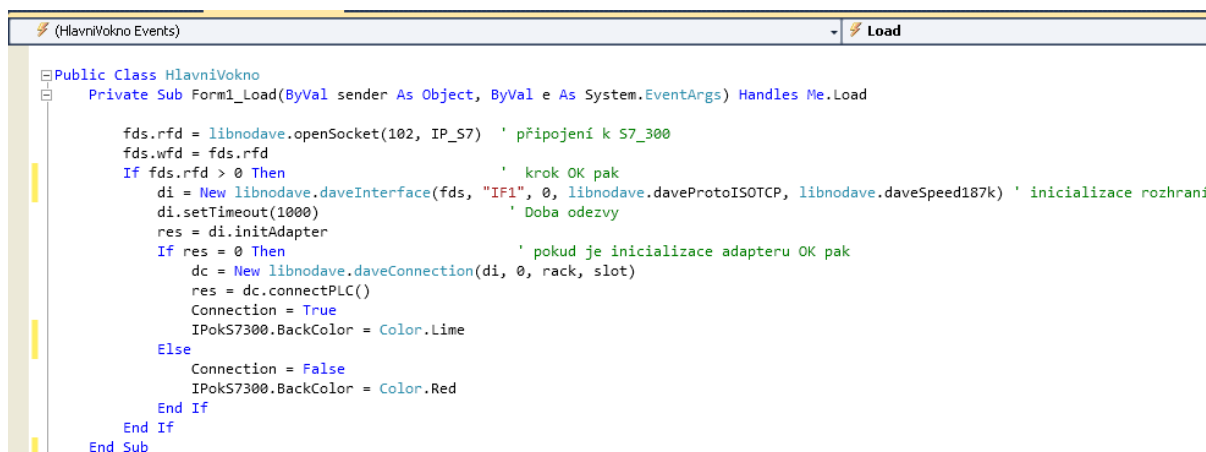
V tabulce variables byli zapsány hlavní komunikační parametry pro spojení s PLC. Typ komunikace, připojení, feedback bit pro návratové hlášky o stavu spojení, rychlost odezvy, rack, slot IP atd. Na většinu parametrů a jejich změny se dá v programu reagovat a ošetřit tak různé poruchové stavy na ethernet síti. V tomto zápisu parametrů a spuštění nám PLC vrátí bit Connection ve stavu log1, spojení je navázáno a můžeme začít doptávat paměťovou oblast Simaticu.

Form1 jako prvotní okno uživatele bylo vytvořeno standardním způsobem z nabídky menu MS Studia. Toto okno si zajistíme, aby nám při zapnutí vizualizace objevilo jako první. Nastavení provádíme v properties formu. Každé okno má mnoho parametrů, které načítá s paměťové oblasti PLC ať jsou to již přímo vstupy, výstupy, merkery nebo hodnoty z DB. Podle rychlosti potřebné k zobrazení hodnoty si určíme rychlost načtení z PLC. Tato rychlost byla odvozena od časovače Timeru, který spouští pod podmínkou správného připojení Tick o předem definované délce. Tento Tick nám během své doby vyčte potřebná data z PLC. Pokud chceme cyklicky získávat data z PLC musí mít každý nově vytvořený Form svůj Tick s nastavenou rychlostí, který provede v něm zapsané instrukce viz.: Obr. 87.



Obr. 87 – Timer pro cyklické načtení dat z PLC.

Jak již bylo zmíněno v části o tabulce variables tak parametry načtení pro spojení se s PLC stačí provést pouze v prvotním okně zobrazení. I když otevíráme další nastavovací podokna, zůstává stále spuštěno hlavní okno v pozadí a tím nám zajišťuje stále spojení s PLC. Spojovací rutina je na Obr. 88 i s popisem funkcí řádků.



Obr. 88 – Inicializace spojení s PLC.

## 9.2 Načtení dat z PLC

V předchozí kapitole bylo řečeno, že data se musí načítat z paměťové oblasti cyklicky a za splněných podmínek kvalitního připojení se k PLC. Používané příkazy jsou vybrané z knihovny příkazů, které jsou nutné k lokaci a funkci každého z nich. Níže jsou uvedeny základní druhy příkazů použité ve vizualizaci. Vždy musí být kladen důraz na to, aby byly data z PLC načteny nebo jen zapsány.

NIKDY nesmí být vizualizace svázána s ŘS tak, aby za něj řešila řídicí operace ať by byly sebemenší. Tímto způsobem bychom ŘS paralyzovali v případech, když by vizualizace nebyla v chodu. Vizualizace by musela být stále spuštěna, protože ŘS by byl na stavu hodnot z vizualizace odkázán. ŘS by nemohl samostatně fungovat.

Pro načtení vstupních bitů modulů a dat z PLC byly použity tyto příkazy:

```
res = dc.readBytes(libnodave.daveInputs, 0, 12, 1, buf)
a = dc.getU8
```

Tento příkaz nám načte hodnotu vstupního byte – tedy konkrétně I12.0 – I12.7

Pro načtení vstupních bitů modulů a dat z PLC byly použity tyto příkazy:

```
res = dc.readBytes(libnodave.daveOutputs, 0, 16, 1, buf)
a = dc.getS8
```

Tento příkaz nám načte hodnotu výstupního byte – tedy konkrétně Q16.0 – I16.7

Pro načtení merkerových bitů a dat z PLC byly použity tyto příkazy:

```
res = dc.readBytes(libnodave.daveFlags, 0, 10, 1, buf)
a = dc.getU8
```

Tento příkaz nám načte hodnotu byte merkeru – tedy konkrétně M10.0 – M10.7

Pro načtení DB bitů/bytů a dat z PLC byly použity tyto příkazy:

```
res = dc.readBytes(libnodave.daveDB, 7, 52, 1, buf)
a = dc.getU8
```

Tento příkaz nám načte hodnotu DB bytu – tedy konkrétně DB7.52 1byte

Níže je uveden řešený příklad z vizualizace, kde jsou ošetřeny i momenty, kdy nejsou data v paměťové oblasti PLC nebo je ztraceno připojení. Každá analogová hodnota je vyčtena ve formátu float a to i s 4 desetinnými místy, proto pro pěkný vzhled ve vizualizaci je použito zaokrouhlení hodnot na jedno či žádné desetinné místo.

```
PrivateSub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
Handles TimerSimatic.Tick
Dim a, b As Byte
```

```
res = dc.readBytes(libnodave.daveFlags, 0, 120, 4, buf)
If res = 0 Then
TeplotaAtmos.Text = Math.Round(dc.getFloat, 1)           ' Teplota kotle ATMOS
Else
TeplotaAtmos.Text = "###"
EndIf
res = dc.readBytes(libnodave.daveDB, 8, 40, 4, buf)
If res = 0 Then
VratkaAtmos.Text = Math.Round(dc.getFloat, 1)           ' Vratka kotle ATMOS
Else
VratkaAtmos.Text = "###"
EndIf
```

Celý program včetně vizualizace je na příloženém CD.



## 9.3 Zápis dat do PLC

Jako v každém vizualizačním prostředí je zapotřebí někdy zasáhnout do ŘS algoritmu PLC. I když je vše dobře odladěno. ŘS běží v automatickém režimu a umí si poradit s předem připravenými kolizemi, nutnost zásahu je někdy nezbytná.

Pro zápis hodnot bitů či bytů se používají podobné příkazy, jako k vyčtení dat z PLC paměťové oblasti. Tyto příkazy pochází z knihovny libNoDaveNet.dll. Při programování částí vizualizace zabývající se zápisem hodnot do PLC musíme být velice obezřetní, abychom nechtěnou náhodou nezapsaly byte v jiné části paměťové oblasti PLC než bylo zamýšleno. Mělo by to za následek kolizi dat pro řídicí algoritmy a špatné řízení dané části ŘS. Zápis dat se neprovádí v ticku přes timer okna, ale pouze jednou za cyklus, který je spouštěn třeba tlačítkem pro zápis dat.

Pro příklad je uvedena odladovací část vizualizace pro zápis dat do PLC.

```
PrivateSub Button2_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button2.Click
Dim x1 As Double = 12345.9
Dim x2 As Integer = 123456
Dim x3 As Short = 1234
Dim x4 As Byte = 34
Dim Byte As Integer
Dim DB As Integer = 0 – DB v Simaticu
Dim pA(20) As Byte
Byte = Int(TextBox1.Text) – oblast v DB, M atd

If Connection Then
pA = BitConverter.GetBytes(libnodave.daveToPLCfloat(x1))
res = dc.writeBytes(libnodave.daveFlags, DB, Byte, 4, pA)

pA = BitConverter.GetBytes(libnodave.daveSwapIed_32(x2))
res = dc.writeBytes(libnodave.daveDB, DB, Byte, 4, pA)

pA = BitConverter.GetBytes(libnodave.daveSwapIed_16(x3))
res = dc.writeBytes(libnodave.daveOutput, DB, Byte, 2, pA)

pA(0) = x4
res = dc.writeBytes(libnodave.daveFlags, DB, Byte, 1, pA)
Else
MsgBox("Nezapsáno, ztráta komunikace")
EndIf
EndSub
```

V této ukázce dochází vlivem kliknutí na tlačítko Button2 k zápisu dat do PLC do předem stanovené datové oblasti. Jen pro přiblížení bylo uvedeno hned několik formátů pro zápis. X1 ve formátu double, který se používá velice často a je nejpřirozenější uživateli a pak ostatní X2, X3 a X4. Formáty kratší než 4 byte pro standardní čísla Integer, Byte, Short. Jsou to bytové kratší verze zápisu proměnných do PLC byly použity pro hodnoty s absencí desetinné tečky a polarity.



## 9.4 Provoz vizualizace na PC platformě

Vizualizace byla vytvořena v prostředí MS Visual studio 2010 funguje standardně na kterémkoliv PC s OS Windows XP a Net.Frameworkem 4.0 a vyšším. V našem případě vizualizace funguje na miniPCJetWayJ7F2-hybrid. Vzhledem k nízké spotřebě, může být PC připojeno 24hod. denně. Příkon PC s HDD 80GB činí pouze 12W. Pro vzdálenou správu a náhled na vizualizaci se díky PC platformě využívá freeware software TeamViewer 9.0, který je volně dostupný i pro operační systém Android 4.0 a vyšší. Vývoj celé vizualizace je velice časově náročný na testy a zkoušky.

## 9.5 Budoucí vývoj vizualizace a ŘS

Budoucí vývoj celého ŘS a jeho vizualizace se kloní spíše k tvorbě aplikací pod OS Android, kde se bude využívat vývojové prostředí Eclipse nebo přímo vizualizační editor pro Android podporující PLC Siemens od ISWvizualization využití VPN přístupu a 3G sítě pro připojení kdekoliv na světě. V tomto vývojovém prostředí je volně použitelná a funkční stejná knihovna příkazů, která je použita v MS Studiu. Zároveň s tvorbou řídicího programu se nabízí další a další možné rozšíření díky Profibus sběrnici. Tak například je v plánu řídit přístup do RD, vjezdovou bránu, řízení ostrovního fotovoltaického systému energie, měření a ukládání dat pro budoucí analýzu, skleníky v zahradě, zabezpečení, IP kamery atd.... Možností je mnoho.

U fotovoltaického systému chci podotknout, že výkon bude částečně vykrývat spotřebu ŘS a záložního zdroje pro ŘS. Ostatní přebytečný výkon bude prodáván do sítě či akumulován do vody. Výkon fotovoltaického systému bude činit cca 1750W (10ks panelů Solon Black 220/16) s 1fázovým invertorem.

## 9. Zhodnocení dosažených výsledků

Řízení rodinných domů a jejich automatizace se v dnešní době čím dál více rozvíjí. V souvislosti se vstupními náklady a parametry prvků bylo vypracováno zhodnocení jednotlivých variant výrobců z hlediska základního PLC, rozšiřujících modulů a cen licencí programovacího prostředí. Po srovnání byl vybrán vhodný HW pro danou aplikaci.

Pro konkrétní HW byl proveden návrh rozvaděče pro řídicí systém, který umožňuje spínání dílčích prvků zvláště pro rychlé a efektivní odladění výkonové části systému. Po instalaci rozvaděče byly jednotlivé periferie a výkonové části postupně testovány.

Pro ohřev TUV a vytápění rodinného domů bylo navrženo několik algoritmů zajišťující dostatečně rychlou odezvu systému na změnu parametrů. Dále PLC zajišťuje řízení chodu vodárny. Každý algoritmus podléhá podmínkám, za kterých je program vykonáván. Tyto podmínky zajišťují, aby reakce PLC na neočekávanou situaci nezpůsobila havárii. Řídicí systém je vybaven vhodně senzory tak, aby bylo možné detekovat kritické stavy systému. Veškeré výpočty a získávání dat se provádí v PLC, tímto je zajištěno, že případný pád monitorovacího systému nijak neovlivní řídicí systém, což zajišťuje autonomnost a spolehlivost ŘS. Firmware spuštěný v PLC byl odladěn a je již několik let úspěšně testován v praxi.

Pro ovládání a monitorování řídicího systému byl navržen monitorovací systém, který se skládá z MiniPC a vizualizačního software. Monitorovací systém je mezi členem mezi řídicím systémem a uživatelem. Vizualizační software je intuitivně navrhnut pro koncového uživatele a je v dlouhodobém úspěšném testování ve styku s běžně seznámenými uživateli. Další funkcí MS je ukládání dat na externí úložiště a možnost zpětné analýzy. K vizualizaci je možné přistupovat přes internet prostřednictvím programu TeamViewer, což je stěžejní výhoda monitorovacího systému, neboť mnohdy je tato služba zpoplatněna a váže se ke konkrétnímu výrobcí prvků pro domovní automatizaci.

Velkou výhodou komplexního systému je možnost kdykoliv a jak koliv prvek vizualizace a ŘS plně modelovat dle potřeby uživatele. Každá hodnota se dá umístit graficko - uživatelském rozhraní na kterékoliv místo, proto je vhodné při tvorbě vizualizace spolupracovat se zadavatelem, aby vzniklo tzv.: uživatelsky přirozené prostředí. Dále je možná výměna za jiné PLC Siemens a po úpravě pár parametrů vše funguje opět normálně a spolehlivě.

Již v tomto roce jsem instaloval podobný systém řízení v jiném RD s podobným typem PLC a vizualizací. Bez většího zásahu je majitel plně spokojen. ŘS v tomto případě běží na PLC LOGO! 0BA7 a řídí podlahové teplovodní topení o 7 okruzích. Do budoucna se chci nadále zabývat vývojem a instalací ŘS pro RD.

Závěrem chci podotknout, že celý ŘS nelze vytvořit vlastními silami za pár měsíců. Celý ŘS začal vznikat koncem roku 2009, kdy jsem začal studovat VŠB-TU Ostrava. V té době nastaly i velké rekonstrukce mého RD a plán jak mít dohled a automatický chod celého RD. Investice do ŘS nebyly zrovna nejmenší položkou v celé rekonstrukce RD. Jelikož elektronika a programování je zároveň i mým celoživotním koníčkem, mám z celého vývoje velkou radost a vše jsem si mohl udělat a nastavit dle svých představ.



## 10. Použitá literatura

- [1] Siemens [online]. 2010[cit. 2011-10-12]. CP343-1, CP342-5, CPU314, SM331, SM322, ET200S. URL: <<http://support.automation.siemens.com>>
- [2] Sensit [online]. 2013[cit. 2011-12-01]. STI-Pt100 URL: <<http://sensit.cz/>>
- [3] Regmet [online]. 2013 [cit. 2011-12-01]. RI-1-P2. URL: <<http://regmet.cz/>>
- [4] Jumo[online]. 2012 [cit. 2011-12-01]. JU-82-PT100. URL: <<http://jumo.cz/>>
- [5] Siemens [online] 2008 [cit. 2011-09-10]. SIMATIC Manager, SIMATIC WinCCflexible 2008 HF3. URL: <<http://support.automation.siemens.com>>
- [6] BERGER, H. *Automating with SIMATIC: Controllers, Software, programming, Data Communication, Operator Control and Process Monitoring*. Siemens, Erlangen : Publicis Corporate Publishing, 2009. 236 s. ISBN 978-3-89578-333-3.
- [7] KOZIOREK, J. *Programovatelné automaty a vizualizace řídicích systémů*, VŠB-TU Ostrava, 2009. 260 s. učební texty.
- [8] JetWaycomputer [online] 2012 [cit. 2013-21-10]. JetWay J7F2. URL.: <<http://www.jetwaycomputer.com/J7F2.html>>
- [9] Microsoft [online] 2010 [cit. 2013-09-10]. Visual Basic, MS Visual studio 2010., URL: <<http://msdn.microsoft.com/cs-cz/library/865x40k4.aspx>>
- [10] Loxone [online]. 2013 [cit. 2013-04-13]. LOXONE Miniserver, Expanzionmodul., URL: <<http://www.loxone.com/cscz/start.html>>
- [11] Wago [online]. 2012 [cit. 2012-06-13]. Wago750, Profibus 750, Expanzion modul., URL: <<http://www.wago.cz/>>
- [12] Eaton [online]. 2014 [cit. 2014-01-12]. Xcomfort, Wireless Expanzion Modul., URL: <<http://www.eaton.con/>>
- [13] IFM [online]. 2012 [cit. 2012-03-10]. Pf2563,. RL:<<http://www.ifm.com/ifmcz/web/news/inline-flow-sensor-for-precise-measurement-of-liquids-up-to-.html>>
- [14] Omron [online]. 2010 [cit. 2010-05-04]. D4NL-2FFA. URL:<<http://industrial.omron.cz>>
- [15] BDsenzors[online]. 2010 [cit. 2010-12-04]. DP331. URL:<<http://www.bdsensors.cz>>
- [16] Cressto [online]. 2012 [cit. 2012-11-04]. TMG617. URL:<<http://www.cressto.cz>>
- [17] Optex [online]. 2012 [cit. 2012-06-04]. BA-30-TA-S. URL:<<http://www.optex.co.jp>>
- [18] Megalis – Schneider elektrik[online]. 2012 [cit. 2012-06-04]. BA-30-TA-S. URL : <<http://automatizace.hw.cz/dotykovy-panel-magelis-hmi-stu855>>

## **11.Seznam příloh**

### **Příloha I – katalogové listy výrobců**

- Siemens
- Wago
- Beckhoff
- Schneider electric
- Loxone
- Jumo
- BD Sensors
- IFM
- Cressto
- Optex
- Omron
- Eaton
- Traco
- Phoenix Contact
- Atmos

### **Příloha II – SW**

- řídicí SW Siemens
- Vizualizace MS Studio 2010
- ISW Vizualization

### **Příloha III – fotodokumentace z instalace zařízení**